

VU Research Portal

De Holocene laagveenontwikkeling in de randzone van de Nederlandse kustvlakte (Noordoostpolder)

Gotjé, W.

1993

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Gotjé, W. (1993). *De Holocene laagveenontwikkeling in de randzone van de Nederlandse kustvlakte (Noordoostpolder)*. [, Vrije Universiteit Amsterdam].

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

De Holocene laagveenontwikkeling in de randzone van de Nederlandse kustvlakte (Noordoostpolder).

1993



Door Wouter Gotjé

Stellingen

1. Gezien de wijze van monsternamen, is het aannemelijk dat in een niet onbelangrijk aantal gevallen de C-14 ouderdom van basis-basisveenmonsters, die genomen zijn ten behoeve van de reconstructie van voormalige waterniveaus in Nederland, niet representatief is voor het begin van de veengroei.
2. Zelfs de meest zorgvuldige analyse omtrent de relatie van een voormalig grondwaterniveau met het toenmalig Gemiddeld Zeeniveau (Van de Plassche, 1982) neemt het feit niet weg dat met behulp van basis-basisveenmonsters per definitie slechts een bovengrens voor de stijging van het Gemiddeld Zeeniveau gereconstrueerd kan worden (Van de Plassche & Roep, 1989).

Van de Plassche, O, 1982: Sea-level change and water-level movements in The Netherlands during the Holocene -Ph.D. Thesis Amsterdam, 140 pp, and Med. Rijks Geol. dienst 36-1
Van de Plassche, O & Th. B. Roep, 1989: Sea-level changes in The Netherlands during the last 6500 years: basal peat vs. coastal barrier data. -In D. B. Scott (eds.): Late Quaternary Sea-Level Correlation and Applications, Reidel, Dordrecht, 41-56.
3. Vanuit palaeo-ecologisch perspectief is de indeling van de Nederlandse vegetatie in phytocoenosen een momentopname die slechts een deel van de variatiebreedte aan vegetatietypen weerspiegelt die gedurende de Holocene ontwikkeling van Nederland moet zijn opgetreden.
4. Wanneer op grond van palaeobotanische data een opeenvolging van palaeo-phytocoenosen wordt afgeleid die niet in alle opzichten vergelijkbaar is met een recent equivalent, dan is dit een aanwijzing voor het optreden van veranderingen in de externe milieufactoren..
5. De veronderstelling van Bohncke (1991) dat het optreden van transgressies samenhangt met een afname in de effectieve neerslag en de daarmee gepaard gaande verdroging en inklinking van kustveenpakketten, wordt niet gestaafd door de Holocene ontwikkelingen in de Noordoostpolder.

Bohncke, 1991: Palaeohydrological changes in The Netherlands during the last 13.000 years. -Ph. D. Thesis Amsterdam, 187 pp.
6. Voor de regionale beeldvorming met betrekking tot de palaeo-ecologische ontwikkeling en genese in kustveengebieden is een nauwkeurige veldkartering van veentypen tenminste even belangrijk als het kunnen beschikken over gedetailleerde palaeobotanische analyses.
7. Het stripverhaal is een jonge kunstvorm, die in grote lagen van de bevolking ten onrechte als tweede-rangs wordt gezien.
8. Het is aanmatigend om te veronderstellen dat een speelfilm die een kassucces oplevert, per definitie het bekijken niet waard is.
9. Een eerste voorwaarde voor een geweldloze maatschappij is een sociaal-economische situatie waarin de voorziening in de eerste levensbehoeften voor ieder verzekerd is.
10. Grootschalige uitbreiding van natuurgebieden in Nederland is maatschappelijk onverantwoord wanneer deze gebieden vervolgens het exclusieve domein van natuurbeschermers en wetenschappelijk onderzoekers worden.
11. De invoering van een basisinkomen voor iedereen zou de fraudegevoeligheid van het Nederlandse sociale stelsel aanzienlijk verkleinen.
12. Een structurele oplossing van milieuproblemen in een democratische samenleving vraagt (misschien te)veel tijd.
13. De hoogte van het inkomen van topsporters en popsterren in vergelijking met dat van wetenschappers suggereert dat het maatschappelijk belang van de eerste categorie ver uitstijgt boven dat van de tweede categorie.

VRIJE UNIVERSITEIT

De Holocene laagveenontwikkeling in de randzone van de
Nederlandse kustvlakte (Noordoostpolder).

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van de graad van doctor aan
de Vrije Universiteit te Amsterdam,
op gezag van de rector magnificus
dr. C. Datema,
hoogleraar aan de faculteit der letteren,
in het openbaar te verdedigen
ten overstaan van de promotiecommissie
van de faculteit der aardwetenschappen
op donderdag 1 april 1993 te 15.30 uur
in het hoofdgebouw van de universiteit, De Boelelaan 1105

door

WOUTER GOTJÉ

geboren te Amsterdam

Promotoren : prof.dr. W. Roeleveld
: prof.dr. W.H. Zagwijn
Copromotor : dr. S.J.P. Bohncke
Referent : prof.dr. W. Groenman-van Waateringe



1	Inleiding	1
1.1	Algemeen	1
1.2	Doel van het onderzoek en onderzoekslokatie	2
1.3	Methoden	5
1.3.1	Veldonderzoek	5
1.3.2	Paleobotanische analyses	10
1.3.3	C-14 datering	11
2	De geologische opbouw en ontwikkeling	13
2.1	Algemeen	13
2.1.1.	Inleiding	13
2.1.2	Substraat afzettingen	13
2.1.2.1	Algemeen	13
2.1.2.2	De Formatie van Twente	13
2.1.2.3	De Formatie van Kreftenheye	14
2.1.2.4	De Formatie van Drente	15
2.1.3	De Westland Formatie	15
2.1.3.1	Algemeen	15
2.1.3.2	Het onderste deel van de Westland Formatie	15
2.1.3.3.	Het bovenste deel van de Westland Formatie	20
2.2	De geologische opbouw in de studiegebieden Schokland en Urk.	20
2.2.1	Stratigrafische terminologie	20
2.2.2	Het studiegebied Schokland	21
2.2.2.1	Het Pleistocene substraat	21
2.2.2.2	De Westland Formatie: het Noordoostpolder Complex	23
2.2.2.3	De Westland Formatie: Almere en Zuiderzee Afzettingen	26
2.2.3	Het studiegebied Urk	26
2.2.3.1	Het Pleistocene Substraat	26
2.2.3.2	De Westland Formatie; Het Noordoostpolder Complex	27
2.2.3.3	De Westland Formatie: de Almere en Zuiderzee Afzettingen	30
2.2.4	Conclusies	31
2.2.4.1	Veenontwikkeling	31
2.2.4.2.	De Oudere Unio klei	34
2.2.4.3	De Jongere Unio klei	34
2.2.4.4	De Oude Detritus-gyttja	34
2.2.4.5	De Cardium klei	34
2.2.3.5	De Jonge Detritus-gyttja	35
3	Palaeobotanische analyses	36
3.1	Inleiding	36
3.2	Vegetatietypen en successie	38
3.3	Progressieve en retrogressieve hygroserie	41
3.4	Datapresentatie	41
3.5	Chronostratigrafie	42
3.5.1	Inleiding	42
3.5.2	Datering van de palaeobotanische zones	42
3.5.2.1	Schokland	42
3.5.2.2	Urk	44
3.5.2.3	Vergelijking met bekende dateringen	45
3.5.3	Interpolatie van C-14 dateringen	46
3.6	Het studiegebied Urk	46
3.6.1	Inleiding	46
3.6.2	Fasen	48
3.6.3	Discussie	51
3.7	Schokland studie gebied.	52
3.7.1	Inleiding	52
3.7.2	ZP kern	52

3.7.3	OEW kern	52
3.7.4	SRW1 kern	59
3.7.5	Palaeobotanische fasen	59
3.7.6	Discussie	70
3.8	Vergelijking beide studiegebieden	71
4	De ontwikkeling van het waterniveau	72
4.1.1	Inleiding	72
4.1.2	Monsterlokaties	72
4.1.3	Bemonstering	72
 W. Roeleveld en W. Gotjé		
Holocene waterspiegelontwikkeling in de Noordoostpolder in relatie tot zeespiegelbeweging en kustontwikkeling. (paragrafen 4.1.4 t/m 4.1.7)		
4.1.4	Vergelijkbaarheid van de tijd/diepte data van Schokland met soortgelijke gegevens uit Nederland.	76
4.1.5	Tijd/dieptediagram; representativiteit voor waterspiegelontwikkeling	77
4.1.6	Het verloop van de grondwaterspiegelbeweging fluctuaties	80
4.1.7	De relatie met het gemiddeld zeeniveau	81
4.2	Oorzaken van de fluctuaties in de grondwaterstijging	86
4.2.1	Zeespiegelstijging	86
4.2.2	Fluctuaties in de grondwaterstandstijging in relatie tot de vegetatieontwikkeling	86
4.2.3	Kustmorfologische ontwikkeling als oorzaak van fluctuaties in de grondwaterstijging	88
5	Genese van het voormalige eiland Schokland van het Noordoostpoldergebied.	91
5.1	Schokland	91
5.1.1	Inleiding	91
5.1.2	Methode	91
5.1.3	Genese	91
5.1.3.1	Inleiding	91
5.1.3.2	Pleistoceen	94
5.1.3.3	Holoceen	94
5.2	De landschappelijke ontwikkeling van de Noordoostpolder in relatie tot de genese van Noord-Holland: De benedenstroom van de Vecht.	107
5.2.1	Inleiding	107
5.2.2	Methode	107
5.2.3	Literatuur overzicht	109
5.2.3.1	Pleistoceen	109
5.2.3.2	Holoceen	109
5.2.4	Holocene palaeogeografische ontwikkeling	110
5.3	Conclusies	122
5.3.1	Schokland	122
5.3.2	Noordoostpolder	123
6	Conclusies en opmerkingen	126
Samenvatting		128
Summary		133
Literatuurlijst		138
Dankwoord		143
Appendices		144
Appendix A Palaeobotanie		144

Appendix B C-14 dateringen	172
Appendix C Profielen	173



1 Inleiding

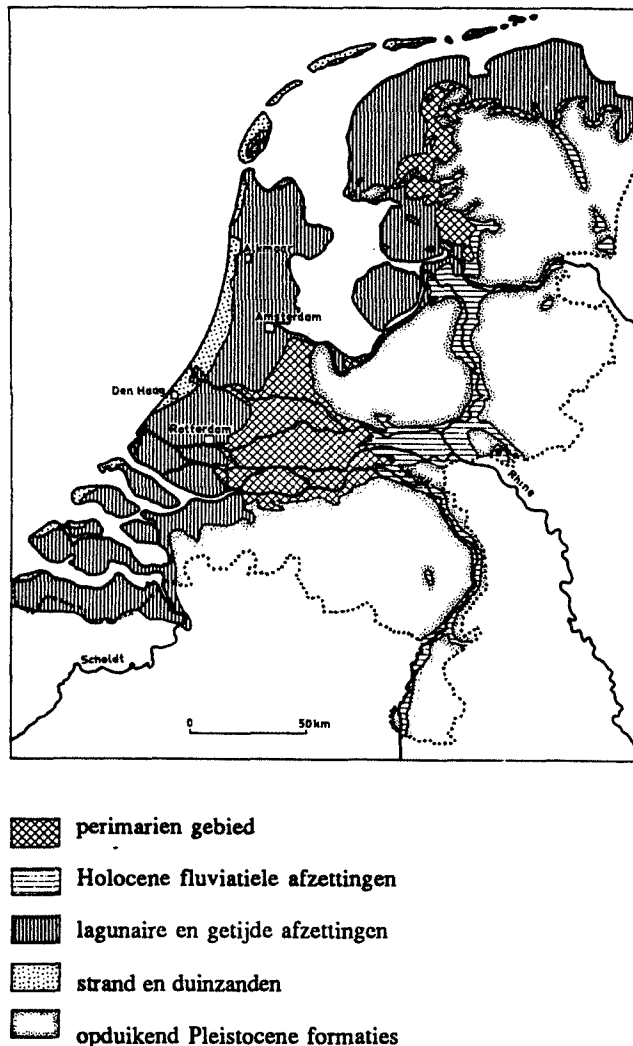
1.1 Algemeen

De afgelopen tientallen jaren is op ruime schaal onderzoek verricht naar de geologische en paleogeografische ontwikkeling van het Holocene kustgebied van West- en Noord-Nederland (fig. 1.1). (voor een overzicht zie o.a.: De Mulder en Bosch, 1982 en Zagwijn, 1986). In dat onderzoek is de aandacht vooral uitgegaan naar de klastische mariene afzettingen. Daarnaast is er, met name in het meer recente verleden, echter zeker ook aandacht geweest voor de fluviatiele afzettingen en voor de veenontwikkeling (o.a. Berendsen, 1982; Van der Woude, 1981; Bohncke: in Schoute, 1984).

Het beschikbaar komen van steeds grotere aantallen C-14 dateringen, sinds het midden van de jaren '50, is een belangrijk hulpmiddel en stimulans geweest voor het ontwerpen van paleogeografische reconstructies van het kustgebied (o.a. Pons et al. 1963, Zagwijn, 1986). Daarmee zijn overigens niet tegelijkertijd ook de oorzaken van de ontwikkeling van dat kustgebied in alle opzichten duidelijk geworden. Als belangrijkste factor in de ontwikkeling wordt algemeen de post-glaciale (relatieve) zeespiegelrijzing aangemerkt (o.a. Bennema, 1954; Jelgersma, 1961; Louwe Kooijmans, 1974). Fluctuaties in de snelheid van zeespiegelstijging (Van de Plassche, 1982) zouden verantwoordelijk kunnen zijn voor de afwisseling van klastische mariene afzettingen en veenlagen, die veelvuldig in het kustgebied wordt aangetroffen. Veranderingen in kustmorfologie in ruime zin, variaties in getijdeamplitude, wisselende beschikbaarheid van sediment in de kustzone, wijzigingen in de hoeveelheden aangevoerd zoet water (Rijn en Maas) en verschillende effecten van klimaatsverandering, zoals wisselingen in de hoeveelheid effectieve neerslag en stormvloedfrequenties kunnen echter evenzeer (mede)bepalend zijn geweest. De lokale paleogeografische ontwikkeling in een bepaald gebied binnen de kustvlakte zal in het algemeen door een combinatie van de genoemde factoren bepaald zijn.

De studie van klastische afzettingen levert doorgaans onvoldoende informatie om zonder meer uit te maken welke factoren waar en in welke mate van belang zijn geweest. In dit opzicht kan juist het onderzoek van veenlagen belangrijke gegevens verschaffen, omdat het hierdoor mogelijk wordt om conclusies te trekken over de invloed en gevolgen van lokale veranderingen in milieucondities, zoals veranderingen in de hoogte van de grondwaterspiegel, zoetwaterinvloed en de mate van mariene invloed. Die lokaties binnen het kustgebied waar gedurende een groot deel van het Holoceen veenvorming domineerde, zijn vanuit dit oogpunt dan ook in het bijzonder van interesse. Men vindt dergelijke locaties in de primariene zone van het kustgebied en het aangrenzende riviereengebied. Een primariene gebied wordt gedefinieerd als het gebied waar sedimentatie en sedimentatie plaats vonden onder de directe invloed van de (relatieve) zeespiegelbewegingen, maar waar mariene en brakke afzettingen zelf ontbreken (Hageman, 1969). Primariene omstandigheden doen zich vooral voor in de landinwaartse randzone van het kustgebied en in delen van het riviereengebied, waar de lokale waterstand rechtstreeks samenhangt met de zeespiegelstand (Van Dijk et al, 1991). Onderzoek in het (primariene) fluviatiele gebied heeft het inzicht vergroot in de relaties tussen de ontwikkeling van het kustgebied en die in het riviereengebied (Hageman, 1969, Van der Woude, 1981; Berendsen, 1982; Van der Wiel, 1982; Steenbeek, 1990, Van Dijk et al, 1991). In het kustgebied *sensu stricto* zijn in het meer recente verleden verschillende gedetailleerde studies (o.a. met behulp van macrorestenanalyse) verricht aan individuele veenprofielen (Witte en Van Geel, 1985; Pals et al, 1980; Bakker en Van Smeerdijk, 1982; Van Geel et al, 1983). Deze studies sloten vooral aan bij archeologisch onderzoek; gedetailleerde meer regionaal georiënteerde en geologisch gerichte palaeobotanische studies zijn tot op heden niet beschikbaar. Het hier gepresenteerde onderzoek beoogt juist op dit terrein een bijdrage te leveren. Het biedt een gedetailleerde paleogeografische en palaeobotanische reconstructie van een primariene gebied in de randzone van de Holocene kustvlakte.

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt ingegaan op de methodiek die tijdens dit onderzoek is gehanteerd. In hoofdstuk 2 wordt een lithostratigrafische indeling van de Holocene afzettingen gepresenteerd, die gebaseerd is op de gegevens die met behulp van een groot aantal boringen zijn verkregen. Tevens worden in hoofdstuk 2 enkele voorlopige conclusies gepresenteerd met

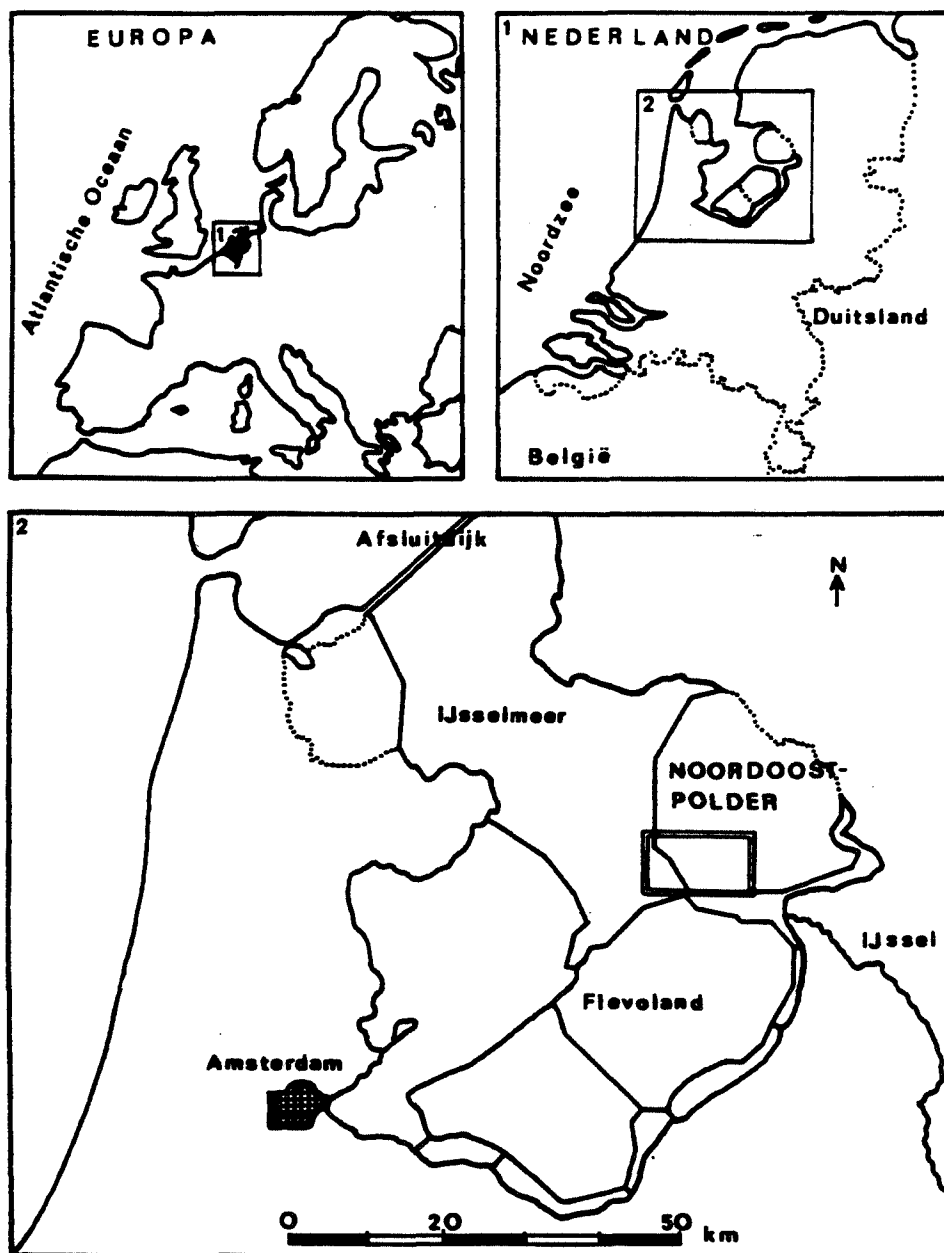


Figuur 1.1 Holocene kustgebied van West- en Noord-Nederland (naar Hageman, 1963)

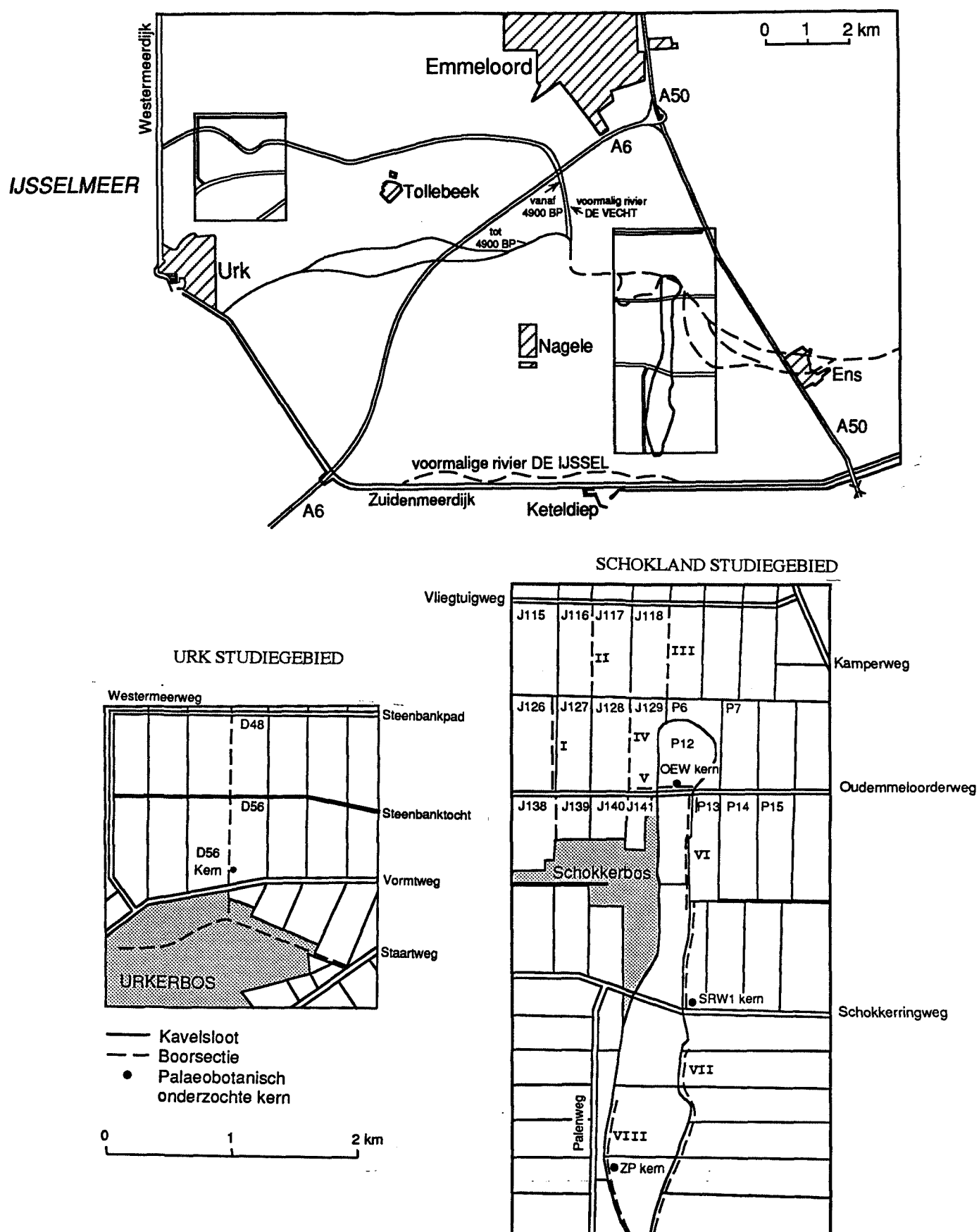
betrekking tot de paleo-oecologische ontwikkeling in het studiegebied, op grond van een vergelijking van de aangetroffen veensequenties met een tweetal ideale veensequenties. De resultaten van gedetailleerd paleobotanisch onderzoek aan vier boorkernen worden in hoofdstuk 3 (en appendix A) behandeld en vergeleken met bekende vegetatiekundige successiereeksen van laagveengebieden. In hoofdstuk 4 wordt de ontwikkeling van de grondwaterspiegel in de tijd behandeld, waarbij de oorzaken van geconstateerde fluctuaties worden geanalyseerd. Op basis van alle eerder gepresenteerde gegevens worden in hoofdstuk 5 de genese van het gebied rond het voormalig eiland Schokland en van de Noordoostpolder als geheel behandeld. In hoofdstuk 6, tenslotte, worden de conclusies geformuleerd met betrekking tot de factoren die de ontwikkeling van het gebied hebben bepaald.

1.2 Doel van het onderzoek en onderzoekslokatie

De doelstelling van deze studie is om, aan de hand van een gedetailleerde onderzoek van een representatief perimarien laagveengebied, de ontwikkeling van de regionale laagveenvorming nader te analyseren en te verklaren in termen van de (interne en externe) factoren en processen die de ontwikkeling hebben bepaald. Voorzover mogelijk wordt daarbij getracht te komen tot



Figuur 1.2 Lokatie van het onderzoeksgebied



Figuur 1.3 Overzicht van de studiegebieden en voormalige loop van de rivieren de Vecht en de IJssel

een meer algemeen ontwikkelingsmodel dat voor de perimariene laagveenzone toepasbaar is. In concreto is aan de volgende punten aandacht besteed:

a) ontwikkeling van laterale en verticale patronen van laagveentypen in relatie tot de veranderende ecologische factoren als: de positie ten opzichte van de gradiënten in het voormalige landschap (zout/zoet; voedselrijk/voedselarm), veranderingen in de stijging van de grondwaterspiegel, interne factoren als successie van laagveen-vegetaties, aard van het pleistocene substraat, etc.

b) karakter van de initiële basisveenvorming in relatie tot de aard van het substraat, de mate van grondwaterstijging en de positie ten opzichte van gradiënten in het voormalig landschap.

Het onderzoeksthema maakt deel uit van het VF-programma "Dynamiek van Kwartaire geo- en ecosystemen" dat door de sectie Kwartairgeologie en Laaglandgenese van de Vrije Universiteit van Amsterdam tezamen met de sectie Palynologie-Paleo/actuoeecologie van de Universiteit van Amsterdam wordt uitgevoerd.

Als onderzoeksgebied is gekozen voor de Noordoostpolder (fig. 1.2), oorspronkelijk een grotendeels perimarien gebied waarvan de geologische geschiedenis relatief goed bekend is (met name: Wiggers, 1955) en waar over belangrijke oppervlakten complete veenprofielen aanwezig zijn. Het onderzoek is verricht in nauwe samenwerking met promovendi van het Instituut voor Pre- en Protohistorische Archeologie van de Universiteit van Amsterdam (E. Gehasse, ecologe; T. Ten Anscher, cultureel prehistoricus), die de bewoningsgeschiedenis van het Noordoostpoldergebied reconstrueerden, met name die van het gebied rond de keileemopduiking op het voormalig eiland Schokland (Kavel P14). Hierbij lag de nadruk op de relatie tussen mens en milieu. De palaeogeografische reconstructie, die uit het hier gepresenteerde onderzoek voortvloeit, draagt niet alleen bij tot een beter begrip van de ontwikkeling van perimariene veensystemen, maar verschaft ook een raamwerk voor onderzoek naar de relatie tussen landschappelijke ontwikkelingen en menselijke bewoningsgeschiedenis in het Noordoostpoldergebied.

In de Noordoostpolder overheerste veenvorming gedurende een belangrijk deel van het Holoceen. Lokaal werd deze veenvorming, met name ter plaatse van de loop van de rivieren IJssel en Vecht (fig. 1.3) driemaal onderbroken door afzetting van vanuit zee aangevoerde klei. Men zou kunnen veronderstellen dat veranderingen zowel in ruimte als in tijd in de veenvormende vegetatie buiten de rivierlopen, rechtstreeks samenhangen met deze wisselingen in mariene invloed. Aangevoerd zal echter worden dat deze aanname voor een voormalig perimarien gebied als de Noordoostpolder niet geheel juist is en dat de lokale grondwaterpositie (die indirect overigens wel degelijk gerelateerd is aan de wisselende invloed vanuit zee; zie hoofdstuk 4) in dit opzicht de belangrijkste bepalende factor is geweest.

Binnen de Noordoostpolder is het verzamelen van gegevens, gezien de voor het onderzoek beschikbare tijd, voornamelijk geconcentreerd geweest op een tweetal gebieden. Eén onderzoeksgebied is gelegen ten noorden van het voormalige eiland Urk, het andere rond het voormalige eiland Schokland (zie fig. 1.3). Omdat in deze gebieden de erosie tijdens de ontwikkeling van het Almere en later de Zuiderzee, gedurende en na de Middeleeuwen, beperkt is gebleven, treft men er veenprofielen aan waarin maximaal de periode van 6500 BP tot 2000 BP vertegenwoordigd is.

1.3 Methoden

1.3.1 Veldonderzoek

Verschillende methoden van onderzoek zijn toegepast om de boven geformuleerde doelstelling te realiseren. In het terrein zijn meer dan 500 boringen verricht met behulp van vleugel- en gutsboor (\varnothing respectievelijk 6 en 4 cm.), langs transecten waarvan op grond van bestaande gegevens kon worden aangenomen dat ze zoveel mogelijk voormalige ecologische gradiënten volgen. In het algemeen zijn de boringen doorgezet tot op de Pleistocene ondergrond. Het merendeel van de boringen werd verricht in de twee bovengenoemde studiegebieden bij Urk respectievelijk Schokland, hoewel ook in het tussengelegen gebied profielen zijn onderzocht. Alle geboorde kernen zijn gedetailleerd beschreven, waarbij de volumepercentages van

verschillende typen plantenresten (wortels, bladeren, hout, etc.) werden geschat evenals het percentage amorfe (humeuze) matrix. Ook zijn de zaden en vruchten, die werden aangetroffen, zoveel mogelijk gedetermineerd. Er is vanuit gegaan dat (bij vergelijkbare veentypen) het gehalte aan amorf matrixmateriaal een maat is voor de mate van afbraak van het organische materiaal (Visser, 1949; Grosse-Brauckmann, 1976), waaraan een indicatie kan worden ontleend met betrekking tot de gemiddelde grondwaterstand gedurende de vorming van het betreffende veen.

Bij de beschrijving in het veld zijn de organische pakketten benoemd op grond van de belangrijkste botanische componenten die werden aangetroffen. Voor de beschrijving van de diverse macroscopisch herkenbare resten wordt de lezer verwezen naar Overbeck (1975) en Grosse-Brauckmann (1976). Zo wordt bijvoorbeeld een veen dat voor meer dan 80% uit *Carex*-wortels bestaat aangeduid als *Carex*veen. Veen dat 20-80% *Phragmites*-resten bevat en 80-20% *Carex*-resten als *Carex-Phragmites*veen. Lagen met meer dan 80% *Phragmites* heten *Phragmites*veen. In het veld is het onderscheid tussen fijne *Phragmites*-wortels en *Carex*-wortels echter zelden goed te maken; het aandeel aan *Carex* zal veelal wat te hoog geschat zijn. Blijkens vergelijking van laboratorium beschrijvingen van palaeobotanische monsters en de resultaten van de uiteindelijke analyses van die monsters blijkt het verschil tot meer dan 50% te kunnen oplopen.

In de beschrijving zijn behalve de hoofdcomponenten verschillende andere karakteristieken van de organische afzettingen vermeld: structuur, aanwezigheid van zaden en vruchten, aanwezigheid van ingespoeld organisch en klastisch materiaal, aard van de grens tussen veenlagen onderling etc. Fouten in de naamgeving en genetische interpretatie van de organische afzettingen kunnen ontstaan wanneer deze componenten bevat (wortels, hout) die vanuit hogere lagen ingegroeid zijn. Voorzover in het veld duidelijk kon worden waargenomen dat er van een dergelijke situatie sprake was is daarvoor de naamgeving van de organische afzetting gecorrigeerd. Het is duidelijk dat dergelijke en andere foutenbronnen, waarbij onjuiste schatting van het percentuele aandeel van verschillende componenten ook zeker een rol zal spelen, een zeker subjectief karakter geeft aan de gedetailleerde beschrijving van de organische afzettingen. Om deze subjectiviteit zoveel mogelijk te beperken is de opname in het veld strikt systematisch en zeer gedetailleerd uitgevoerd. De beschreven veensoorten en andere organische pakketten worden in het onderstaande nader gekarakteriseerd.

De in deze studie gepresenteerde indeling en beschrijving van de verschillende veentypen is tijdens het veldwerk ontwikkeld. Getracht is om een in de praktijk voor het gebied werkbaar indeling te ontwikkelen. Voor elk onderscheiden veentype wordt tevens een vergelijking met bestaande indelingen (Overbeck, 1975; Grosse-Brauckmann, 1976) gegeven.

***Phragmites*veen**

*Phragmites*veen bestaat uit een veelal donker gekleurde humeuze matrix met daarin veel wortelresten (stolonen) en ondergrondse stengeldelen van *Phragmites australis*. Met name de stolonen en de stengelbasis van *Phragmites* zijn gemakkelijk te herkennen (Overbeck, 1975). Het veen heeft een tamelijk losse structuur en de humeuze of amorfe matrix maakt in de meeste gevallen minder dan 40% van het totale volume van het veen uit. *Phragmites*veen verspreidt vaak een sterke zwavelgeur. *Phragmites* is een taxon dat voornamelijk in de oeverzone van open water voorkomt en dat uitstekend is aangepast aan anaerobe condities omdat het in staat is via de holle stengel lucht toe te voeren naar het wortelstelsel (Westhoff et al., 1971, deel 1, pag 122). De wortels van *Phragmites* kunnen daardoor tot een aanzienlijke diepte in eerder gevormde veenlagen doordringen. *Phragmites* kan hierdoor nog lang overleven in verarmende veenmoerassen (bijvoorbeeld in het Pallavicinio-Sphagnetum, 27Aa4), als relict van een vroegere vegetatie, omdat nutriënten onttrokken kunnen worden aan dieper gelegen (veen- of minerogene) lagen. Verder kan *Phragmites* voorkomen in brakwater gebieden, in drijvende *Carex*-vegetaties (zie hieronder) en in moerasbossen. Zowel Overbeck als Grosse-Brauckmann onderscheiden een *Phragmites* veentype. Beide spreken over gemakkelijk te herkennen veentypen, mede door de aanwezigheid van *Phragmites* stolonen. De *Phragmites*-venen zijn volgens deze auteurs vaak goed bewaard gebleven doordat ze weinig in humus zijn omgezet.

Carexveen

*Carex*veen bestaat voornamelijk uit een humeuze matrix (0-90%), die vaak vele macroscopisch herkenbare bleke *Carex*-worteltjes bevat (10-100%). Verschillen in het aandeel van de amorfe matrix kunnen toegeschreven worden aan verschillen in milieucondities tijdens de ontwikkeling, die op hun beurt het voorkomen van specifieke *Carex*-soorten in de veenvormende vegetatie bepalen. *Carex*veen kan zich ontwikkelen in een milieu dat varieert van telmatisch (oevergemeenschappen, drijftillen, trilvenen) tot terrestrisch en bij een nutriëntensituatie van eutroof tot mesotroof. Telmatisch *Carex*veen wordt gevormd bij een relatief hogere waterstand dan terrestrisch *Carex*veen en zal dan ook minder sterk gehumificeerd zijn (Visscher, 1949; Grosse-Brauckmann, 1976). In het terrein is een speciaal type *Carex*veen beschreven dat voor vrijwel 100% bestaat uit een gevlochten wortelmat, zonder een duidelijke humeuze matrix. In dit type *Carex*veen zijn veel zaden en epidermisresten van *Menyanthes trifoliata* aangetroffen. Het veen wordt geïnterpreteerd als zijnde een voormalige drijfteil. Recente drijftillen worden beschreven als kleine (vierkante meters) eilanden of schiereilanden, opgebouwd uit een drijvende vegetatie (*Cicuto-Caricetum pseudocyperi*) met *Carex pseudocyperus*, *Sium latifolia*, *Cicuta virosa* en soms *Menyanthes trifoliata*, *Stachys palustris*, *Mentha aquatica* en *Galium palustre* (Westhoff et al, 1971). Zij ontwikkelen zich in situaties waarin in een open water gebied de sapropeliumlaag het wateroppervlak bereikt. Er ontstaan in die situatie uitstekende condities voor het kiemen van de planten waaruit drijftillen zijn opgebouwd. Ook kunnen drijftillen ontstaan waar dergelijke planten ontkiemen op aanspoelsel in de oeverzone van open water (Westhoff et al. 1971). Wanneer de drijvende vegetatiemat dikker wordt door de opeenhoping van organisch materiaal, gaat *Carex paniculata* in de vegetatie optreden (*Caricetum paniculatae*). Deze plant vormt hoge pollen met een compacte wortelstructuur en overgroeit kleine arealen met jongere drijvende gemeenschappen (Westhoff et al., 1971). De gevlochten wortelmat die aan de basis van de sequentie voorkomt, blijft tijdens deze successie voortdurend beneden het laagste grondwaterniveau, waar anaerobe condities oxidatie en afbraak van het veen verhinderen. Drijftillen kunnen een effectieve bescherming tegen overstromingen bieden, omdat ze op en neer bewegen met veranderende waterniveaus.

Goed gepreserveerd *Carex*veen is ook te verwachten in trilvenen. Trilvenen ontstaan in een situatie waarin de vegetatie, in tegenstelling tot wat zich bij drijftillen voordoet, beter aan het substraat verankerd is; het gaat daarbij vaak om uitgebreide arealen. Er doen zich hierbij geen extreme veranderingen van de waterspiegel voor en de nutriëntensituatie is mesotroof (Westhoff et al., 1971). Een gevlochten wortelmat ontwikkelt zich onder deze condities niet. Soorten die een rol spelen bij de ontwikkeling van trilvenen zijn: *Carex diandra*, *C. lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata*, *Equisetum fluviatile* en *Eriophorum gracile*. Het voorkomen van trilvenen-vegetaties hangt vaak samen met de invloed van carbonaatrijk kwelwater (Westhoff et al, 1971; Van Wirdum, 1991).

Vaak bevat *Carex*veen veel resten van struiken en bomen (*Betula*, *Alnus*, *Myrica* en *Salix*), van *Phragmites australis*, *Cladium mariscus*, *Thelypteris palustris*, *Menyanthes trifoliata*, *Nuphar lutea*, bladmossen en soms *Eriophorum vaginatum*. Bevat *Carex*veen veel *Cladium mariscus* dan is het veen als *Cladium*veen beschreven (zie ook Overbeck, 1975). Omdat *Cladium*veen in het studiegebied Urk een veelvoorkomend *Carex*veentype is, is dit veentype apart behandeld (zie hieronder). De aanwezigheid van *Nymphaeaceae* is een indicatie voor contact met open water uit de omgeving, terwijl *Myrica*, *Betula*, *Eriophorum*, bladmossen en *Menyanthes* duiden op mesotrofe en meer zure omstandigheden, omdat deze taxa normaliter wijzen op successie naar voedselarmere vegetatietypen (Westhoff en Den Held, 1975).

Overbeck (1975) onderscheidt verschillende *Carex* veentypen: Grootzeggeveen (of te wel *Magnocaricion*veen), Kleinzeggeveen (of te wel *Parvocaricetea*veen) en *Cladium*veen. Grootzeggeveen bestaat uit *Carex elatae*, *C. paniculata*, *C. gracilis* of *C. rostrata* met *Menyanthes trifoliata* en wordt als een telmatisch veentype beschouwd. Kleinzeggeveen, dat als een terrestrisch veentype wordt beschouwd, bestaat met name uit *Carex canescens*, *C. fusca*, *C. echinata*, *C. rostrata* en/of *C. panicea* en bevat vaak zaden van *Menyanthes trifoliata* en *Potentilla palustris*. Het veen is vaak redelijk omgezet en zal dus een groot aandeel aan amorf materiaal bevatten. *Cladium*veen is beschreven als een limnisch-telmatisch veentype dat behalve uit *Cladium mariscus* vaak ook *Phragmites australis* en *Magnocaricion* soorten bevat. Ook zijn vaak resten van *Menyanthes*, *Myrica* en *Molinia* te herkennen. Het moge duidelijk zijn dat deze

indeling niet wezenlijk afwijkt van de door ons gehanteerde indeling. Grosse-Brauckmann vat alle *Carex*-veen typen samen onder één noemer.

***Cladium*veen**

In de gevallen dat *Cladium* domineert in het *Carex*-veen is het veen aangeduid als *Cladium*-veen. Naast de goed herkenbare resten van *Cladium*-wortels (Overbeck, 1975) bestaat *Cladium*-veen voor het grootste deel uit bleke en dunne *Carex*-wortels, terwijl ook stolonen van *Phragmites australis* regelmatig in het *Cladium*-veen gevonden worden. Vegetaties van *Cladium* komen voor als dichte verlandingszoom langs kleine geïsoleerde plassen met kalkrijke kwel (Westhoff et al., 1971 deel 2 pag 83), maar kunnen ook langs open water de rietzoom volledig vervangen (Westhoff en Den Held, 1975). *Cladium* treedt op in de verlandingsreeks (hydroserie) in ondiep water volgend op het *Phragmites* stadium en blijft deel van de vegetatie uitmaken tot overschaduwning door opslag van bomen en struiken *Cladium*-groei verder onmogelijk maakt (Conway, 1942). *Cladium* is over het algemeen een onverdraagzaam gewas voor andere taxa (Westhoff et al. 1971, deel 2, pag 84) en *Cladium*-vegetaties (*Cladietum marisci*, 19Ca1) zijn dan ook vaak soortenarm. In een dicht *Cladium*-veld groeien wat *Menyanthes trifoliata*, *Sium latifolium*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Galium palustre*, *Phragmites australis* en *Eupatorium cannabinum*, terwijl onder zeer natte condities het substraat onder de vegetatie bedekt kan zijn met *Utricularia intermedia* en *Characeae* (Westhoff et al., 1971). De aanwezigheid van *Cladium mariscus* hangt samen met carbonaat-rijke omstandigheden (Overbeck, 1975), die het gevolg kunnen zijn van de aanvoer van kwelwater (Westhoff et al., 1971, deel 2, pag 83) of van menging met zeewater, omdat *Cladium* bestand is tegen licht-brakke condities in een carbonaat- en zuurstofrijk milieu (Westhoff, 1949). Verder treden in *Cladium*-vegetaties vaak sterk fluctuerende waterstanden op (Westhoff en Den Held, 1975) variërend van 50 cm beneden tot 80 cm boven het substraat (Moony & O'Connell, 1990). Normaliter staat de waterstand altijd boven het wortelniveau (d.w.z. niet lager dan 15 cm beneden het substraat) hoewel korte perioden met lagere waterstanden in de zomer kunnen worden verdragen (Conway, 1942). Hogere waterstanden dan 40 cm boven het substraat zijn meestal niet bevorderlijk voor de vitale groei van *Cladium*, wat veroorzaakt wordt door het ontstaan van een waterafsluitende veenlaag, die is opgebouwd door de verrottende bladbases van *Cladium* (Conway, 1937). Tevens kunnen *Cladium*-vegetaties een hechte verweven wortelmat vormen waarop een dikke laag rottende *Cladium*-bladeren aanwezig is (Godwin & Tansley, 1929; Moony & O'Connell, 1990), waardoor een bladmosarme vegetatie ontstaat (Moony & O'Connell, 1990). De dikke laag bladafval is slecht brandbaar, waardoor de plant in dat geval goed bestand is tegen brand (Conway, 1942). *Cladium* is slechts spaarzaam vertegenwoordigd in de huidige laagveen-vegetaties, maar kwam in het verleden veel frequenter voor. In Holocene kustsequenties in Engeland zijn dikke lagen *Cladium*-veen gevonden, die, als gevolg van opgetreden mariene inundaties, oligotrofe veenlagen geheel overdekken, meestal samen met *Phragmites*-rijke vegetaties (Godwin, 1981). Overbeck (1975) beschrijft *Cladium*-veen als een veentype dat goed herkenbaar is aan de rode, rechtopstaande en eivormige stengelbases, waarin bovendien vaak vele goed herkenbare *Cladium* nootjes te vinden zijn. Verder bevat *Cladium*-veen vaak resten van *Phragmites*, *Menyanthes*, *Molinia* en *Myrica* (Overbeck, 1975). Door vele auteurs wordt opgemerkt dat de verbreiding van *Cladium*-vegetaties in Europa na het (relatief warme) Atlanticum sterk is afgenomen (Von Post, 1925; Godwin, 1956).

Bosveen

Als bosveen zijn alle veentypen benoemd die veel hout bevatten (30-90%) en daarnaast tenminste een zekere hoeveelheid wortels van kruidachtigen (10%).

Het aandeel humeus matrixmateriaal is vaak zeer hoog (0-90%) en het veen heeft veelal geen duidelijke structuur. Het veen bevat vaak veel stolonen van *Phragmites*, *Carex*-wortels en -nootjes en zaden en vruchten van *Oenanthe aquatica*, *Lycopus europaeus*, *Menyanthes trifoliata*, *Alisma plantago-aquatica* en *Nuphar lutea*. Naarmate het aandeel humeuze matrix toeneemt en er minder worteltjes worden waargenomen, wordt het steeds moeilijker om bosveen te onderscheiden van detritus (zie hieronder). Uit het veldonderzoek is duidelijk naar voren gekomen dat er een geleidelijke laterale overgang kan optreden van een situatie waarin fijne

detritus afgezet wordt (rivierbedding) naar een relatief droge situatie met een (*Alnus*) moerasbosvegetatie. De detritus wordt naar de randen van het open water toe steeds grover en bevat meer en meer bladresten van bomen. Alle mogelijke overgangsvormen tussen en afwisselingen van detritus en bosveen kunnen optreden. Als criterium voor het onderscheid tussen beide is daarom de aanwezigheid van (in situ gevormde) wortelresten belangrijk.

Bosveen, beschreven als terrestrisch veentype, wordt door Overbeck gekarakteriseerd als een vaak sterk in humus omgezet veen met een gering deel herkenbare plantenresten, waarvan het grootste deel uit houtresten bestaat. Gewaarschuwd wordt voor onderschatting van het aandeel hout omdat bij boren gemakkelijk om het hout heen kan worden gemonsterd. Twee door Overbeck onderscheiden bosveentypes zijn van belang: Elzenbroekbosveen en Berkenbroekbosveen. Het eerste is vaak sterk omgezet en bevat behalve resten van *Alnus glutinosa* ook resten van *Carex*, *Salix* en *Phragmites*. Berkenbroekbosveen is rijk aan houtresten van *Betula* en wordt niet nader omschreven. Grosse-Brauckmann beschrijft broekbosveen als veen waarin regelmatig en rijkelijk houtresten gevonden worden. Gewaarschuwd wordt wel dat bij een dergelijk indelingscriterium ook met bomen begroeide andere veentypen onder deze benaming vallen, wat tot een foute interpretatie van het veentype kan leiden. Het in dit onderzoek gehanteerde criterium van aanwezige doorworteling lijkt dan ook hanteerbaarder.

Fijne en grove detritus en gyttja

Detritus-afzettingen en gyttja zijn te beschouwen als organische sedimenten, dit in tegenstelling tot de genoemde en nog te noemen veentypen die als organische sedentaten opgevat moeten worden.

Grove detritus is een organische afzetting met veel hout- en bladresten die nauwelijks wortels van kruidachtigen bevat (Overbeck, 1975). De structuur is in de meeste gevallen veel losser dan bij bosveen en het materiaal bevat vaak veel meer amorfe matrix (meestal 80%). Het veelvuldig voorkomen van bladresten wijst op continu natte omstandigheden in de onmiddellijke omgeving van een moerasbos. In de detritus zijn vooral zaden van *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba* en *Menyanthes trifoliata* aangetroffen, met daarnaast nootjes en vruchten van *Oenanthe aquatica*, *Lycopus europaeus*, *Alnus glutinosa* en *Carex spec.* Bosveen en grove detritus lijken vaak zeer sterk op elkaar en het lijkt dan ook aannemelijk dat de grove detritus geaccumuleerd is in poelen in natte moerasbossen of in ondiep water in de onmiddellijke omgeving van moerasbossen.

Indien wortels van *Alnus* en *Carex* secundair van bovenaf in een detrituslaag zijn doorgedrongen dan wordt het onderscheid tussen detritus en bosveen nog verder bemoeilijkt en daarmee ook de milieu-interpretatie. Bosveen ontwikkelt zich boven het gemiddelde hoogwater niveau (Overbeck, 1975), terwijl grove detritus onder het gemiddelde waterniveau is geaccumuleerd. Fijne detritus lijkt qua samenstelling en kleur op grove detritus maar de structuur van deze organische afzetting is fijner en gladder. Verwarring met bosveen treedt dan ook minder gemakkelijk op dan in het geval van grove detritus. Fijne detritus wordt in veel dieper open water afgezet dan grove detritus (Overbeck, 1975).

Fijne detritus lijkt in zijn fijnste facies op de later te bespreken organoklastische afzettingen, die als detritus-gyttja (sensu Klaar, 1951) zijn beschreven (zie § 2.1.3.2). Echter, het veelvuldig voorkomen van *Ostracoden*, schelpresten, visresten en minerogeen materiaal in detritus-gyttja en de smeerbare structuur van de afzetting maken verwisseling met fijne detritus-afzettingen vrij onwaarschijnlijk. Dit temeer omdat fijne detritus in tegenstelling tot detritus-gyttja altijd een duidelijk organisch uiterlijk heeft, terwijl detritus-gyttja eerder een minerogene habitus heeft. Detritus-gyttja bezinkt, net zoals fijne detritus, in relatief diep open water. Verwisseling van beide afzettingen leidt dus niet tot onoverkomelijke interpretatiefouten.

In het veld is ook een groenige organische afzetting aangetroffen, die door Overbeck als algengyttja beschreven is. In deze studie zal, ter onderscheiding van de detritus-pakketten, deze afzetting verder als gyttja beschreven worden.

Oligotroof veen

Onder het begrip oligotroof veen zijn alle veensoorten samengevat die bestaan uit resten van *Sphagnum* (bladeren, stengels, sporangia), resten van *Ericaceae* (fijne rode en houtige zwarte wortels, bladeren: o.a. van *Erica tetralix*, *Calluna vulgaris* en *Andromeda polifolia*) en/of wortel- en bladschederesten van *Eriophorum vaginatum*, die gemakkelijk te herkennen zijn aan hun vezelige structuur en donkere kleur (Overbeck, 1975). Dit type veen is opgebouwd uit soorten die voor hun nutriëntenvoorziening afhankelijk zijn van het neerslagwater (ombrotroof). De aanwezigheid van *Sphagnum* wijst er op dat de veenvorming onafhankelijk is van het voedselrijke regionale grondwater, terwijl de resten van *Ericaceae*, met name resten van *Calluna vulgaris*, op relatief droge condities wijzen. *Eriophorum vaginatum* komt voor op natte tot droge plaatsen, waar de grondwaterstand vaak sterk fluctueert (Overbeck, 1975; Westhoff en Den Held, 1975). Overbeck en Grosse-Brauckmann onderscheiden een aantal oligotrofe veentypen waarvan *Sphagnum*-, *Eriophorum vaginatum*- en heideveen de voor dit onderzoek belangrijkste zijn.

Ombrotrofe vegetaties creëren hun eigen grondwaterspiegel (o.a. Overbeck, 1975; Westhoff et al., 1971, deel 3). Veranderingen in de vegetatiesamenstelling hangen daardoor primair samen met de vegetatiesuccessie en/of klimaatsveranderingen. In kustgebieden kan de lokale grondwaterstand in oligotrofe venen echter beïnvloed worden door ontwikkelingen in het mariene bereik. Wanneer bijvoorbeeld nieuwe getijdegeulen tot ontwikkeling komen in de nabijheid van aaneengesloten oligotrofe vegetaties dan kan de lokale grondwaterstand verstoord worden, waardoor het grondwaterniveau ter plaatse verlaagd wordt. Een dergelijke gang van zaken leidt tot inklinking van het veen in de richting van het niveau van de regionale grondwaterspiegel. Hierdoor wordt een toestand bereikt waarin de oligotrofe kustvenen kwetsbaar worden voor mariene inundaties. Wanneer de lokale grondwaterspiegel in een hoogveencomplex ernstig verstoord wordt, dan kan een zekere verdroging in de bovenzijde van het veenpakket het gevolg zijn.

Diversen

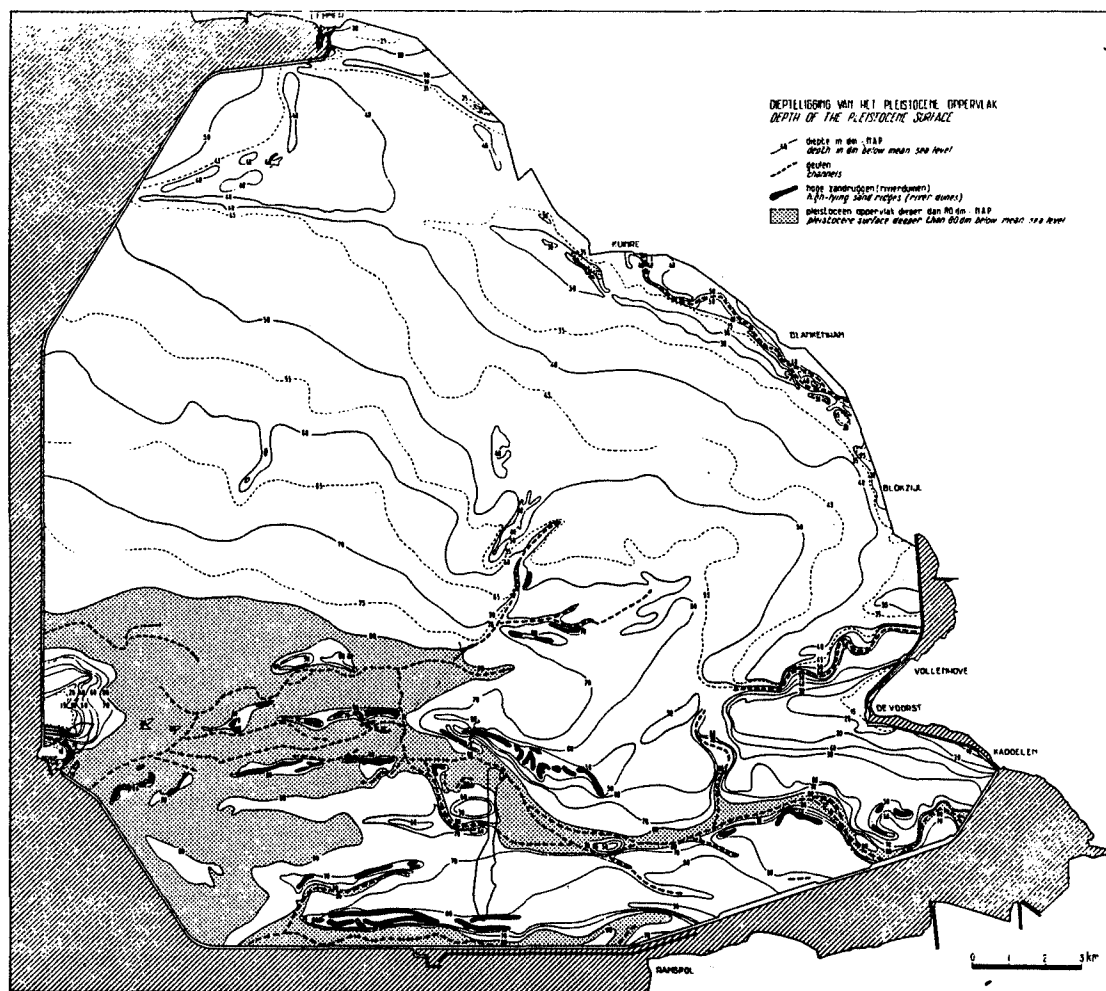
Naast overgangstypen (bijvoorbeeld *Alnus-Carex*veen, *Phragmites-Carex*veen, detritisch *Carex*veen etc.) is ook nog bladmosveen onderscheiden. Het gaat hierbij meestal om goed geconserveerde venen met 50 tot 80% bladmos en 50 tot 20% *Carex*-resten. Bladmosvenen kunnen worden opgevat als mesotrofe fasen tijdens de ontwikkeling van *Carex*veen. Ze zijn te koppelen aan de vegetatie van trilvenen. Door Overbeck worden ze beschreven als Braunmoostorfe; ze bevatten bladmosresten van onder andere *Drepanocladus*, *Calliargon* en *Scorpidium*. Ze zijn volgens Overbeck weinig omgezet en bevatten *Carex*-resten.

1.3.2 Palaeobotanische analyses

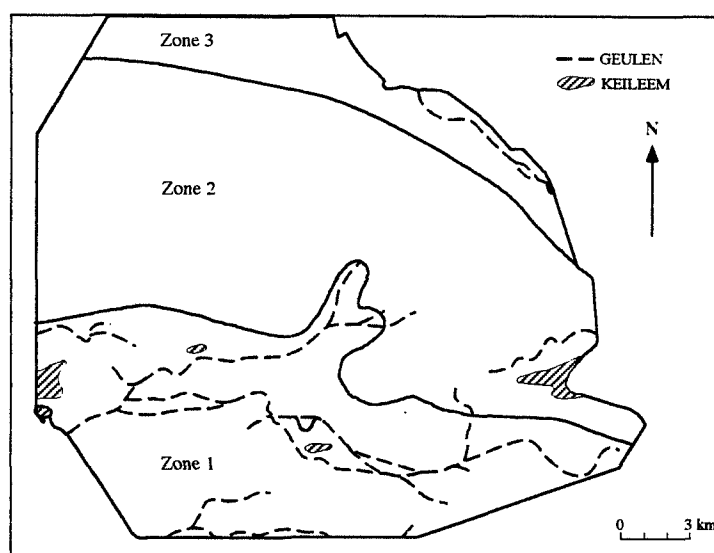
Tijdens het veldonderzoek is een aantal kernen verzameld voor microscopisch onderzoek. In het studiegebied bij Urk werd een kern verzameld (fig. 1.3), die geanalyseerd is op pollen en sporen en op botanische macroresten zoals zaden, vruchten, wortels en hout. Uit het studiegebied bij Schokland zijn drie kernen geanalyseerd op macroresten (fig. 1.3 en 5.1); slechts een van deze kernen ("ZP kern") is ook pollenanalytisch bewerkt. In de meeste gevallen is een monsterafstand van 5 of 10 cm aangehouden; waar zich duidelijke overgangen in het veen manifesteerden is de dichtheid van de bemonstering echter vergroot. Monsters voor pollenanalyse zijn behandeld met KOH, gevolgd door acetolyse (zie o.a. Faegri & Iversen, 1975). Monsters voor macroresten-analyse werden gedurende 1 of 2 dagen weggezet in een 5% KOH-oplossing en vervolgens afgezeefd over een 240 µm zeef. Bij de pollendeterminatie is gebruik gemaakt van Faegri & Iversen (1975), Moore & Webb (1983), Punt (1976) en Punt & Clark (1980, 1981, 1984), bij de determinatie van zaden en vruchten van de atlassen van Berggren (1969, 1981), Beijerinck (1976), Bertsch (1941) en Körber-Grohne (1964). Andere macrofossielen, zoals epidermisresten, zijn gedetermineerd met behulp van Grosse-Brauckmann (1972, 1974, 1976). Bij de determinatie van zowel pollen als macroresten is gebruik gemaakt van de referentiecollecties op het Instituut voor Aardwetenschappen van de Vrije Universiteit te Amsterdam. De resultaten van de analyses worden besproken in hoofdstuk 3 en appendix A.

1.3.3 C-14 datering

Ten behoeve van de datering en de chronologische correlatie van de palaeobotanisch onderzochte kernen uit de twee studiegebieden zijn 20 monsters met behulp van de C-14 methode gedateerd in het Centrum voor Isotopenonderzoek van de Rijksuniversiteit te Groningen. Omdat de onderzochte kernen deel uitmaken van de dwarsprofielen die tijdens het veldonderzoek werden geconstrueerd, zijn de betreffende dateringen ook van belang voor de regionale chronologie en voor paleogeografische en daarmee verbonden vegetatiereconstructies. Daarnaast is er een 18-tal monsters gedateerd, afkomstig van de basis van veenlagen gelegen op een compactie-vrij substraat en genomen langs de helling van twee begraven rivierduinen. De ouderdom van beginnende veenvorming op het Pleistocene zand, uitgezet tegen de diepte van het monster, is een maat voor de diepte van de grondwaterspiegel in de loop van het Holocene. De curve die men op deze wijze verkrijgt, vormt een van de basisgegevens bij de reconstructie van de paleogeografische ontwikkeling. Daarnaast kunnen de op deze wijze verkregen (betrekkelijk algemene) gegevens over de ontwikkeling van de grondwaterstand vergeleken worden met (specifieke) palaeobotanische aanwijzingen over grondwaterspiegelveranderingen. In appendix B is een lijst opgenomen van alle in deze studie gebruikte C-14 dateringen. De dateringen worden nader besproken in de hoofdstukken 3 en 4.



Figuur 2.1 Het relief van de Pleistocene ondergrond in de Noordoostpolder (uit: Wiggers, 1955)



Figuur 2.2 Onderscheiden zones in het Pleistocene substraat

2 De geologische opbouw en ontwikkeling

2.1 Algemeen

2.1.1. Inleiding

De afzettingen in de Noordoostpolder kunnen worden onderscheiden in kustvlakteaafzettingen (Holoceen) en substraatafzettingen (in het algemeen pre-Holoceen). De substraatafzettingen dateren uit verschillende perioden en hebben een gevarieerde genetische achtergrond. De Holocene kustvlakteaafzettingen maken deel uit van de Westland Formatie (Doppert et al., 1975). Het Pleistocene substraat is opgebouwd uit:

- a) de Formatie van Drente, die bestaat uit glaciële afzettingen uit het Saalien (Doppert et al., 1975),
- b) de Formatie van Twente, die uit afzettingen van lokale herkomst bestaat, die merendeels zijn afgezet onder periglaciële condities gedurende het Weichselien (Doppert et al., 1975) en
- c) de Formatie van Kreftenheije: rivierafzettingen van het Rijnstelsel en de daarmee samenhangende rivierduinzanden met een Weichselien en waarschijnlijk deels ook Vroeg-Holocene ouderdom (Doppert et al., 1975).

In de volgende paragrafen worden de opbouw en het voorkomen van de substraatafzettingen respectievelijk de kustvlakteaafzettingen nader beschreven, waarbij speciale aandacht wordt besteed aan de situatie in de studiegebieden bij Urk en Schokland.

2.1.2 Substraat afzettingen

2.1.2.1 Algemeen

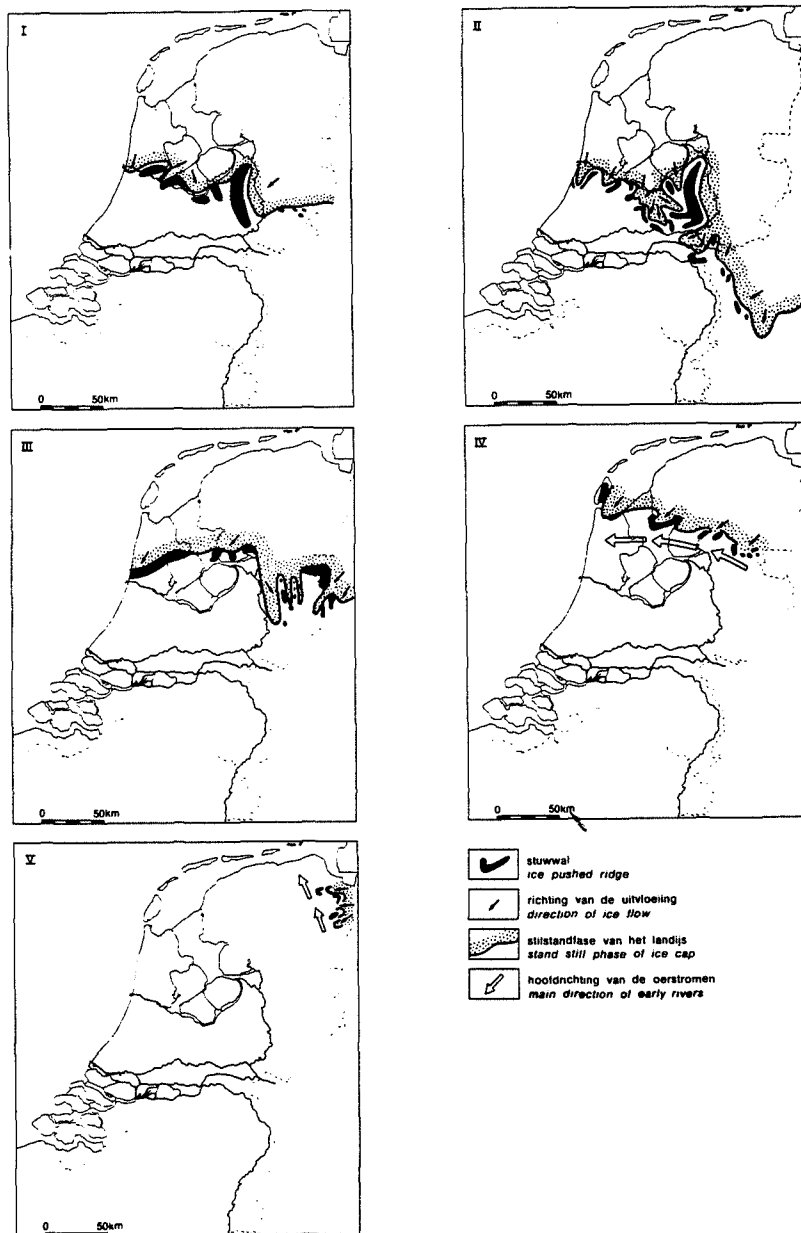
Figuur 2.1 toont het relief van de Pleistocene ondergrond in de Noordoostpolder (Wiggers, 1955). Er laten zich drie grote zones onderscheiden (zie fig 2.2):

- 1) een W-O georiënteerde zone met twee dalstelsels, gelegen in het noordelijk deel van Oostelijk Flevoland en in het zuidelijke en centrale deel van de Noordoostpolder. Het meest zuidelijke dalstelsel, dat als het verlengde van de huidige IJssel kan worden beschouwd (Klaar, 1951), volgt de zuidelijke ringdijk (Zuidenmeerdijk), die de Noordoostpolder scheidt van het Keteldiep (zie figuur 1.3). Door de zuidelijke ligging en een relatief hoge (tot boven de -2 meter NAP) rug van rivierduinen aan de noordkant van het IJsselstelsel heeft dit dalstelsel relatief weinig invloed gehad op de landschappelijke ontwikkelingen in de Noordoostpolder als geheel, dit in tegenstelling tot het centraal in de Noordoostpolder gelegen dalstelsel. Dit stelsel, het verlengde van de huidige Overijsselse Vecht (Klaar, 1951), komt ten zuiden van de keileemopduiking bij De Voorst de Noordoostpolder binnen, vervolgt zijn weg naar de noordpunt van het voormalig eiland Schokland en verlaat ten zuiden van Urk de Noordoostpolder. Het Vechtstelsel wordt aan de noord- en zuidzijde begeleid door een serie west-oost lopende rivierduinruggen. Blijkens nog ongepubliceerde Pleistoceen-dieptekaarten van het IJsselmeerbekken (Rijksdienst voor IJsselmeerpolders (RIJP), in prep), komen beide systemen bijeen in het IJsselmeergebied tussen Lelystad en Urk;
- 2) een tamelijk vlak gebied rondom zone 1, dat in de Noordoostpolder geleidelijk naar het noorden en noordoosten oploopt en in Oostelijk Flevoland naar het zuidoosten, en
- 3) een reliefvrij gebied langs de noordoostelijke en noordelijke rand van de Noordoostpolder.

2.1.2.2 De Formatie van Twente

Volgens Wiggers (1955, p. 31-34 en p. 43) wordt het Pleistocene oppervlak in zone 2 en 3 gevormd door eolische dekzanden die tegenwoordig tot de Formatie van Twente worden gerekend. In zone 2 domineren de Oude Dekzanden uit het Weichselien Pleniglaciaal, terwijl in zone 3 de Jonge Dekzanden uit het Laatglaciaal ruggen vormen op een substraat van Oude Dekzanden. In zone 3 is een in het dekzand ingeschakelde veenlaag gedateerd in het Allerød

Interstadiaal (tussen 11560 +/- 260, GrN 413 en 11200 +/- 320 BP, GrN 410, Wiggers, 1955, p. 38).



Figuur 2.3 Saale-vergletsjering, volgens Jelgersma en Breeuwer (1975)

2.1.2.3 De Formatie van Kreftenheye

Zone 1 vertegenwoordigt de dalstelsels van de Laatglaciale en Vroeg-Holocene Vecht en IJssel. Het dalpatroon wijst op een vlechtend systeem. In deze zone vindt men aan de top van het Pleistocene pakket slecht gesorteerde fluviale zanden met een korreldiameter tot 1000 μ m, die op veel plaatsen worden afgedekt door een grijze leemlaag (Formatie van Kreftenheye). Veen

onder deze leemlaag is gedateerd op 10500 +/- 280 BP (GrN 375, Wiggers, 1955, p. 42), zodat de afzetting van de leem waarschijnlijk in het Late-Dryas Stadiaal is te plaatsen. Lateraal gaat het bovenste deel van deze afzettingen over in de eolische facies van de Formatie van Twente in zone 2. Langs het rivierstelsel van zone 1 vindt men op de meeste plaatsen west-oost georiënteerde rivierduinen. Deze rivierduinen, die meestal een hoogte van ca -4 m NAP bereiken, dagzomen in de polders of worden in de ondiepe ondergrond aangetroffen. Lithostratigrafisch worden ze tot de Formatie van Kreftenheye gerekend. Zij konden tot ontwikkeling komen door remaniering van zand uit de rivierbedding, waarschijnlijk onder periglaciale condities tijdens het Late-Dryas Stadiaal (vergelijk o.a. Pons, 1957, Verbraeck, 1974 en De Jong, 1981 met betrekking tot de ouderdom van de rivierduinen in het Midden-Nederlandse rivierengebied). Volgens Wiggers (1955, p. 42) liggen de rivierduinen boven de leemlaag aan de top van de Formatie van Kreftenheye en zijn ze daarom te dateren in het Late Dryas-Stadiaal.

2.1.2.4 De Formatie van Drente

Op vier plaatsen in het zuidelijk deel van de Noordoostpolder (Urk, Tollebeek, Schokland en Vollenhove) komt keileem van de Formatie van Drente aan het oppervlak voor (fig. 2.2). Het gaat hier om gestuwde grondmorene die deel uitmaakt van een stelsel van lage stuwwallen die ontstonden tijdens één van de fasen van de Saale-vergletsjering (fig 2.3)(Wiggers, 1955; Jelgersma en Breeuwer, 1975; zie ook Ente, 1986). De dagzomende keileem bevat grote zwerfstenen van Scandinavische herkomst.

2.1.3 De Westland Formatie

2.1.3.1 Algemeen

De Westland Formatie omvat binnen de Noordoostpolder een onderste deel, dat sterk organisch is ontwikkeld en een bovenste deel dat geheel minerogeen van samenstelling is. Het onderste deel van de Formatie werd gevormd tijdens het laat-Atlanticum, het Subboreaal en een deel van het Subatlanticum. Het representeert de primariene facies in de landinwaarts gelegen randzone van de zich ontwikkelende kustvlakte, waarin het overigens ook enkele malen tot afzetting van vanuit zee aangevoerd sediment is gekomen. Het bovenste deel van de Formatie betreft hoofdzakelijk onderwater-afzettingen, die na het begin van de jaartelling tot stand kwamen in de zich door erosie uitbreidende Almere/Zuiderzee lagune (Wiggers, 1955; Pons en Wiggers, 1959/1960; Van Loon en Wiggers, 1976).

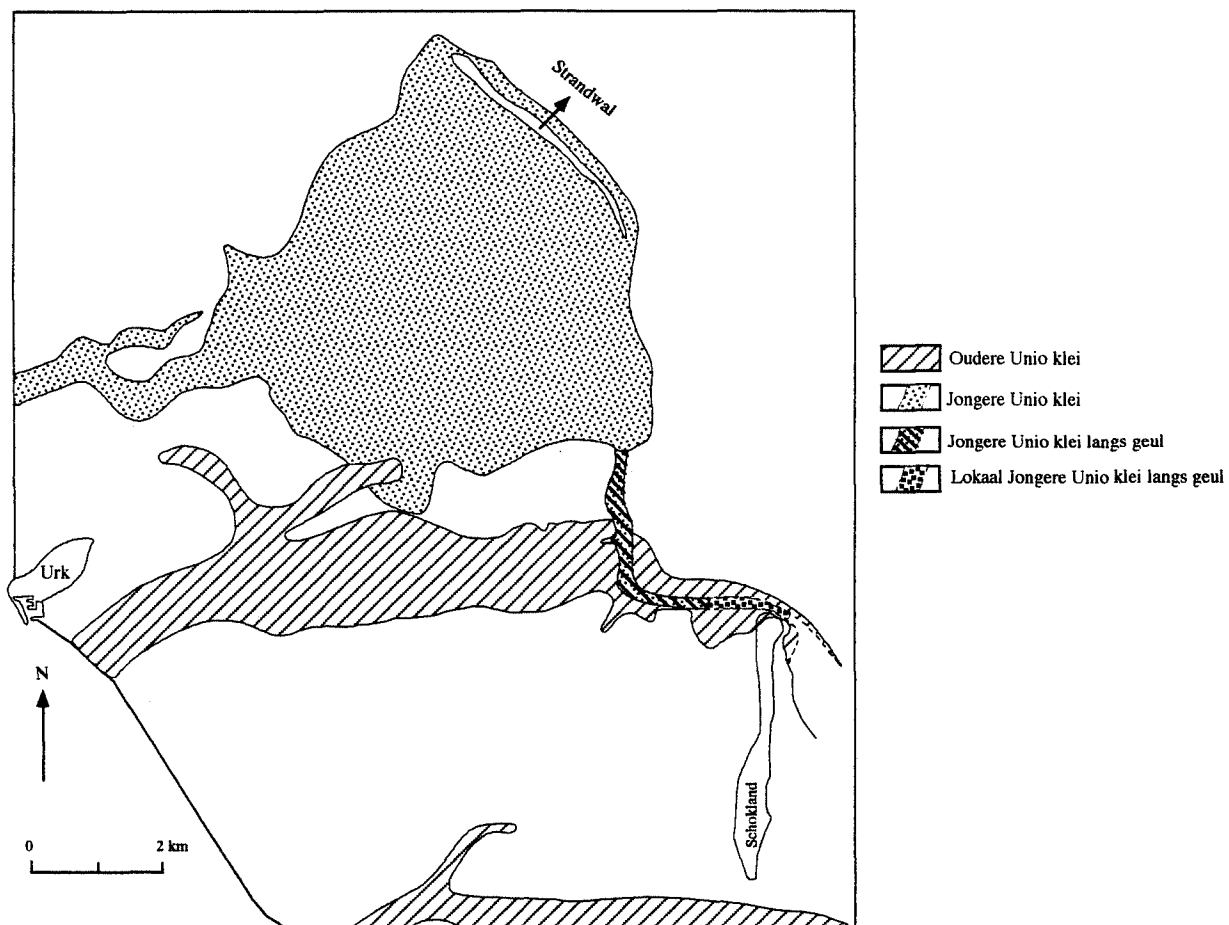
2.1.3.2 Het onderste deel van de Westland Formatie

Het onderste deel van de Westland Formatie bestaat uit veen met daarin ingeschakeld een aantal klastische lagen. Voor een deel bestaan deze klastische inschakelingen uit een mengsel van organisch en minerogeen materiaal (Detritus-Gyttja). In het zuidelijke en centrale deel van de Noordoostpolder dringen vanuit het westen echter ook enkele kleilagen van mariene oorsprong in het veen door.

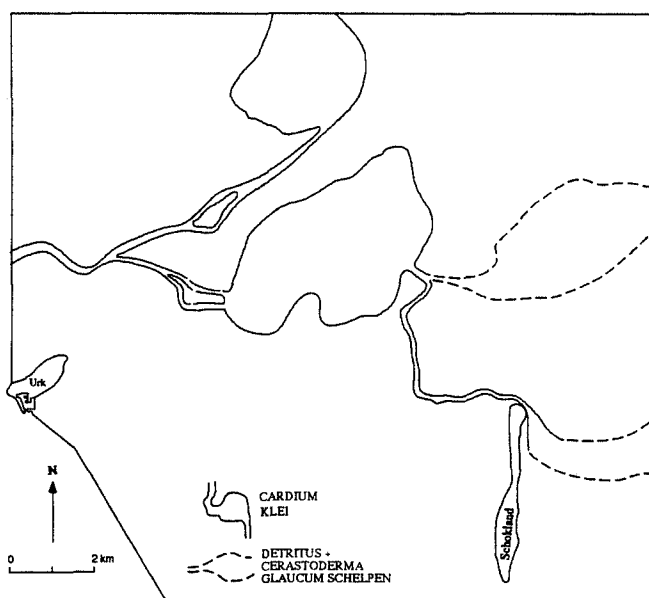
klastische inschakelingen: kleilagen

Het voorkomen van de in het veenpakket ingeschakelde kleilagen is gebonden aan de aanwezige geulsystemen. De onderste kleilagen staan bekend als "Unio klei" (zie fig. 2.4), de bovenste kleilaag als "Cardium klei" (zie fig.2.5) (Muller en Van Raadshoven, 1947; Klaar, 1951; Wiggers, 1955). Binnen de "Unio klei" kunnen twee verschillende kleilagen worden onderscheiden die onderling verschillen in genese en ouderdom (Pons & Wiggers, 1959/1960; Ente, 1971/1976/1986).

Pons en Wiggers (1959/1960) correleerden een deel van de "Unio klei" (gelegen in de pleistocene IJsselgeul in het zuiden van de Noordoostpolder) met de door hen onderscheiden Beemster-afzettingen in Noord-Holland en de overige "Unio klei" (gelegen in de zone rond Urk



Figuur 2.4 Verbreiding van Oudere en Jongere Unio klei in de Noordoostpolder



Figuur 2.5 Verbreiding van de Cardium klei in de Noordoostpolder

en tussen Urk en Emmeloord) met de (jongere) Wieringermeer-afzettingen. De "Cardium klei" was voor deze auteurs equivalent met de Westfriese II afzettingen in West-Friesland. Men dient zich daarbij te realiseren dat de verschillende door Pons en Wiggers onderscheiden "afzettingen" in beginsel weliswaar een lithostratigrafisch karakter hebben, maar dat de auteurs uitgingen van het concept dat deze afzettingen de weerslag vormden van (reeds door eerdere auteurs gepostuleerde) periodiek optredende transgressiefasen. Pons en Wiggers (1959/1960) konden dit concept als eersten enigszins onderbouwen met C-14 dateringen. Zo berust hun correlatie van de "Cardium klei" in de Noordoostpolder met de Westfriese II afzettingen vooral op chronologische gegevens. De correlatie van de "Unio klei" met respectievelijk de Beemster en de Wieringermeer afzettingen vond plaats op lithostratigrafische gronden; wel werd daar impliciet een tijdsbepaling aan gehecht: Beemster-afzettingen voor ca 4800 BP; Wieringermeer-afzettingen tussen ca 4900 en 4250 BP. Ook Jelgersma (1961) herkende en documenteerde verschillende afzettingsfasen in het kustgebied die werden afgewisseld door onderbrekingen in de mariene sedimentatie. Zij benoemde deze fasen chronostratigrafisch: "Laat-Atlantisch", "Vroeg-Subboreaal" etc. Vanaf het begin van de jaren '60 trad er een tendens tot standaardisatie van de lithostratigrafische terminologie op. De Jong en Hageman (1960) introduceerden, aansluitend bij het gebruik in noord-Frankrijk en België, de termen Afzettingen van Calais en Afzettingen van Duinkerke ter benoeming van een onderste respectievelijk bovenste marien laagpakket binnen de kustvlakte. De Afzettingen van Duinkerke werden daarbij nader onderverdeeld in lagen, die geacht werden samen te hangen met de verschillende afzettingsfasen die konden worden herkend. In de volgende publicaties (o.a. Hageman, 1963; Brand et al., 1965; Hageman, 1969) werd, voornamelijk op basis van de door Jelgersma (1961) onderscheiden fasen, ook voor de afzettingen van Calais een nadere onderverdeling geïntroduceerd. Tevens werd de onderverdeling van de afzettingen van Duinkerke verder verfijnd. Deze gedetailleerde indelingen (die met enkele aanpassingen nog steeds de standaardindeling vormt zoals die door de Rijks Geologische Dienst gehanteerd wordt; zie o.a. Westerhoff et al., 1987) zijn gebaseerd op de veronderstelling dat gedurende het Holoceen de mariene sedimentatie in het Nederlandse kustgebied gestuurd werd door een in het gehele gebied min of meer gelijktijdig optredende afwisseling van transgressie- en regressiefasen. Dit concept was, zoals boven reeds aangegeven, niet nieuw. De belangrijke verfijning van de chronologie die mogelijk werd door het beschikbaar komen van steeds grotere aantallen C-14 dateringen betekende in dit opzicht echter een belangrijke stimulans. Omgekeerd leidde een en ander er toe dat (C-14) ouderdommen in toenemende mate het criterium gingen vormen om de lithostratigrafische identiteit van afzettingen vast te stellen (voor de terechte bezwaren tegen deze benadering zie Roeleveld, 1974). De onderverdeling van de afzettingen van Calais en van Duinkerke werd in samenhang daarmee veelal als een geochronologische indeling opgevat. Zo concludeerde Ente (1971) op grond van dergelijke overwegingen dat de "Unio klei" in het zuidelijke en zuidelijk-centrale deel van de Noordoostpolder (fig. 2.4) tot de Calais II fase (ca 6200-ca 5200 BP.) behoorde, terwijl de "Unio klei" in het noordelijk-centrale deel van de polder tot de Calais III (ca 5200-ca 4700 BP.) fase moest worden gerekend. Enerzijds kwam Ente hiermee globaal tot een oudere datering van de "Unio klei" dan Pons en Wiggers (1959/1960), anderzijds impliceren zijn gegevens ook een andere paleogeografische evolutie, omdat de "Unio klei" in de centrale Noordoostpolder uit twee verschillende fasen stamt. De "Cardium klei" wordt door Ente (1971) gekoppeld aan de Duinkerke 0 fase (ca 3450- ca 3000 BP.).

Naarmate er meer gedetailleerde gegevens beschikbaar kwamen over de opbouw en de ouderdom van de Holocene afzettingen in Noord-Holland bleek het steeds moeilijker de ontwikkeling van dit gebied te vatten in een enkelvoudige schema van elkaar afwisselende transgressie- en regressiefasen. Ente et al. (1975) gaven een analyse van de stratigrafische situatie in noordelijk Noord-Holland waarbij deze benadering nog werd gevolgd. De Mulder en Bosch (1982) introduceerden voor centraal en noordelijk Noord-Holland lokale lithostratigrafische eenheden, waarbij de Calais-Duinkerke terminologie werd losgelaten. In de toelichting op de bladen 19W en 19O (Alkmaar) van de geologische kaart van Nederland 1: 50.000 (Westerhoff et al., 1987) wordt een aangepaste lokale lithostratigrafie gehanteerd (fig 16 uit Westerhoff et al.) die beoogt ook aan te sluiten bij de ontwikkeling van de kust en zeegaten. In dit schema (zie ook fig 6.1) worden de afzettingen van de kust en de open kustsituatie, die zich met name in het Atlanticum in Noord-Holland voordeed, samengenomen in de "Beemster afzettingen", terwijl de afzettingen die, naarmate de kust zich sloot, specifiek vanuit het zeegat

van Bergen werden gevormd, tezamen het "Hauwert complex" vormen. Extrapoleert men deze indeling naar de Noordoostpolder dan hangt, op grond van paleogeografische criteria (Zagwijn, 1986), de oudere "Unio klei" (sensu Ente, 1971: Calais II) die voorkomt in het uiterste zuiden en zuidelijk-centrale deel van de Noordoostpolder (zie fig. 2.4) samen met de "Beemster afzettingen" (sensu Westerhoff et al., 1987). De jongere "Unio klei" (Ente, 1971: Calais III) in het noordelijk-centrale deel van de polder en de "Cardium klei" (Ente, 1971: Duinkerke 0) vormen het equivalent van het "Hauwert complex".

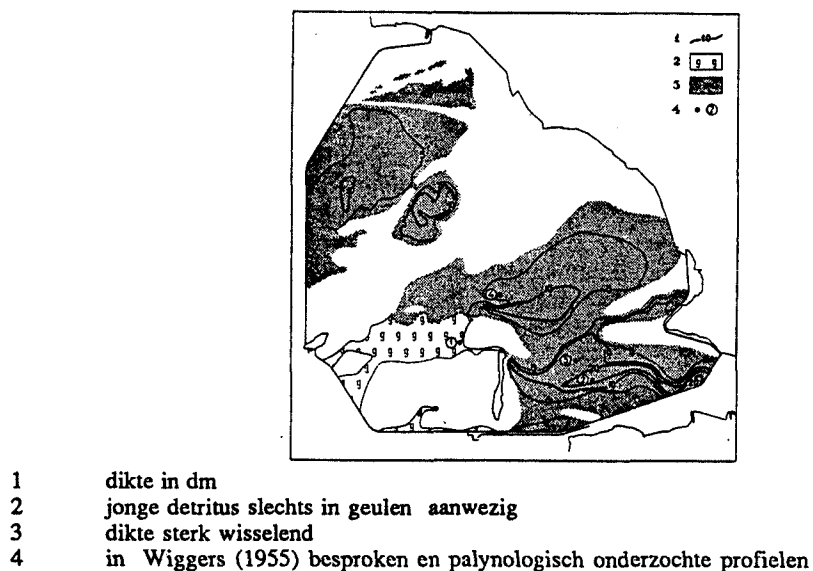
klastische inschakelingen: detritus gyttja

Onder en boven de "Cardium klei" wordt, met name waar deze afzetting in bestaande geulsystemen tot afzetting is gekomen, een mengsel van organische en minerogene afzettingen aangetroffen. Deze staan bekend als de "Oude Detritus-Gyttja" respectievelijk "Jonge Detritus-Gyttja" (Klaar, 1951; Wiggers, 1955) (fig. 2.6). Ook onder de Oudere Unio klei zijn dergelijke sedimenten gevonden, die beschreven zijn als Oudste Detritus-Gyttja (Klaar, 1951). Detritus-gyttja bestaat uit fijn organisch materiaal met een bijmenging van minerogeen materiaal (Klaar, 1951). De pasta-achtige structuur van detritus-gyttja, de klastische bijmenging en het ontbreken van duidelijke organische macroresten maken verwisseling met fijne-detritus (sensu Overbeck, 1975, zie 1.3.1) niet erg waarschijnlijk. Verwisseling is tevens meestal uitgesloten wanneer *Ostracoden*, schelpresten en visresten worden aangetroffen, die alleen in detritus-gyttja aanwezig zijn. Verder heeft fijne-detritus altijd een sterk weinig uiterlijk terwijl detritus-gyttja veeleer op een klastische afzetting lijkt. De "Oudste Detritus-Gyttja" zou kunnen worden opgevat als een rivierafzetting in hoogstens zeer zwak stromend water, omdat deze uitsluitend wordt aangetroffen in de voormalige geul van de Vecht. De "Oude Detritus-Gyttja" is ook hoofdzakelijk in de riviergeul van de Vecht afgezet, maar is ook over een groot oppervlak als meerbodemvulling ten westen van Emmeloord te vinden. De "Jonge Detritus-Gyttja" wordt geïnterpreteerd als een afzetting in een zoetwatermeer en door Wiggers (1955) gerekend tot de "Flevomeer afzettingen" (vgl. Van Loon; 1981). Deze afzetting, die over grote oppervlakten voorkomt, hangt samen met de uitbreiding van het areaal aan open water in de Noordoostpolder (en het Zuiderzeegebied in het algemeen) in de periode na de afzetting van de "Cardium klei", waarbij een verbinding met zee niet of vrijwel niet meer bestond.

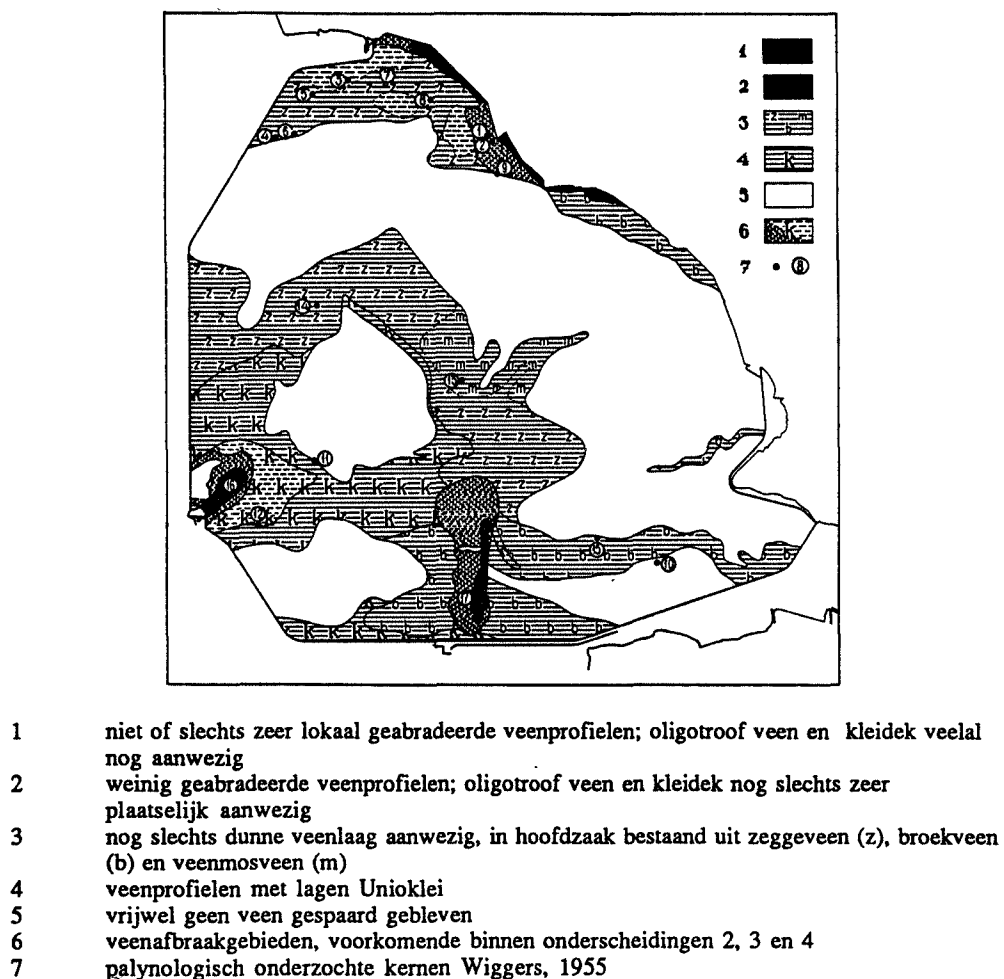
Het veen

De verspreiding van veen in de ondergrond van de Noordoostpolder is weergegeven naar Wiggers (1955) in figuur 2.7. Volgens Wiggers begon de eerste veenvorming tijdens het Boreaal in het uiterste noorden van de Noordoostpolder, in depressies van het Pleistocene oppervlak die dieper dan -4 m NAP lagen. Dit veen bestond uit *Carex*, *Phragmites*, *Menyanthes trifoliata*, *Potentilla palustris*, *Cladium mariscus* en bladmossen. Waar het Pleistocene substraat hoger lag, kwam de veenvorming pas in het Atlanticum op gang. Ook in het zuidelijke deel van de Noordoostpolder begon de veenvorming in het Atlanticum. Met name in het zuidoosten van de polder vormde zich tijdens het Atlanticum veel broekveen, wat samenhang met de aanvoer van voedselrijk water door de rivieren, terwijl zich op enige afstand van deze rivieren zeggevenen ontwikkelden. Tevens zou volgens Wiggers (1955) in het uiterste noorden van de polder de eutrofe/mesotrofe veenvorming zijn overgegaan in oligotrofe veenvorming tijdens het begin van het Atlanticum, terwijl tevens lokaal, zoals bij Emmeloord, oligotroof veen vrijwel direkt op het Pleistocene substraat tot ontwikkeling kwam. Na de afzetting van de Unio kleien breidde de oligotrofe (en mesotrofe) veenvorming zich sterk uit, terwijl het voorkomen van eutrofe venen tot smalle stroken langs de rivieren was gereduceerd. Wiggers (1955), Polak (1936) en Muller en Van Raadshooven (1947) beschreven een eutrofe/mesotrofe laag in het oligotrofe veen, die zij correleerden met de afzetting van de Cardium klei. Na de afzetting van de Cardium klei raakte de hele polder met oligotroof veen bedekt, dat rijk was aan *Sphagnum imbricatum* (Muller en Van Raadshooven, 1947). Het beeld dat Wiggers geeft, met broekvenen langs de geulen en zeggevenen op grotere afstand, is niet geheel houdbaar gebleken. Broekbosvenen komen met name in het zuidoostelijke deel van de polder voor, terwijl zeggevenen gebonden zijn aan meer west- en noordwaarts gelegen gebieden. Dit blijkt in feite al uit het kaartje van Wiggers over de verspreiding van het veen

(fig.2.7). Verder is in het gebied rond Schokland van oligotrofe veenvorming uit de periode voor de afzetting van de Cardium klei (en



Figuur 2.6 Dikte van de Jonge Detritus-gyttja (Wiggers, 1955)



Figuur 2.7 Verbreiding van veen in de Noordoostpolder (Wiggers, 1955)

de vorming van de daarmee samenhangende eutrofe veenlaag) niets gebleken. Wel zijn er voor de betreffende periode aanwijzingen gevonden voor een afnemend nutriëntenaanbod, in de vorm van resten van *Betula* en *Myrica gale*. Uit enkele proefboringen nabij Emmeloord is gebleken dat daar (zoals ook reeds aangegeven door Wiggers) oligotroof veen vrijwel direct op het Pleistocene substraat voorkomt, ter plaatse van kleine depressies in de ondergrond. Het substraat in dit gebied was blijkbaar relatief voedselarm.

Waar het veen voor erosie gespaard is gebleven en tevens het Pleistocene substraat relatief diep gelegen is (globaal dieper dan -8 m NAP) kan het veenpakket een dikte van meer dan 4 m bereiken (zoals ten noorden van Urk en ten noordwesten van Schokland, maar over het algemeen is dit minder. Ook inklinking speelt in dit opzicht een belangrijke rol. Gebleken is dat de belasting van dikke veenpakketten met Almere en Zuiderzee afzettingen en zeewater aanleiding heeft gegeven tot aanzienlijke klink (50-70%), met name sinds 1942 na het droogvallen van de nieuwe polder. In een groot deel van de polder is het veen geheel of gedeeltelijk geërodeerd. In niet al te ongunstige gevallen is alleen het Atlantisch veen gespaard gebleven, zoals rond het voormalige riviersysteem ten zuiden van Emmeloord.

Lithostratigrafisch wordt het veen in de standaardindeling van de Rijks Geologische Dienst als een afzonderlijk laagpakket (Hollandveen) binnen de Westland Formatie onderscheiden (Doppert et al., 1975). Hoewel Doppert et al. het Hollandveen met name beschrijven als het veenpakket dat de afzettingen van Calais en Duinkerke van elkaar scheidt (reden waarom in Westerhoff et al. (1987) het Basisveen als een afzonderlijke lithostratigrafische eenheid wordt benoemd) mag op grond van de door deze auteurs aangegeven typelokaliteit rondom de Vinkeveense plassen worden aangenomen dat het Hollandveen de veenpakketten in de Noordoostpolder in hun geheel insluit.

2.1.3.3. Het bovenste deel van de Westland Formatie

De elementen van het onderste deel van de Westland Formatie zijn over grote oppervlakten aangetast of zelfs geheel verdwenen door erosie. Hierbij ontstond een in omvang toenemend openwater-gebied dat enkele eeuwen na het begin van de jaartelling geleidelijk aan een lagunair karakter verkreeg, door het ontstaan van een verbinding met de Waddenzee (Pons en Wiggers, 1959/1960). In deze lagune kwam het tot, voornamelijk subaquatische, afzetting van mineroklastisch materiaal. Onderin gaat het daarbij om de in zoetwater gevormde veelal sterk siltige Almere-afzettingen ("Sloef") (Wiggers, 1955; Pons en Wiggers, 1959/1969; Van Loon en Wiggers, 1975). Bovenin weerspiegelen de afzettingen meer brakke condities (Zuiderzee-afzettingen; Pons en Wiggers, 1959/1960). In de standaard stratigrafie (Doppert et al., 1975) behoren de Almere- en Zuiderzee-afzettingen tot de Afzettingen van Duinkerke (II en III; Westerhoff et al., 1987).

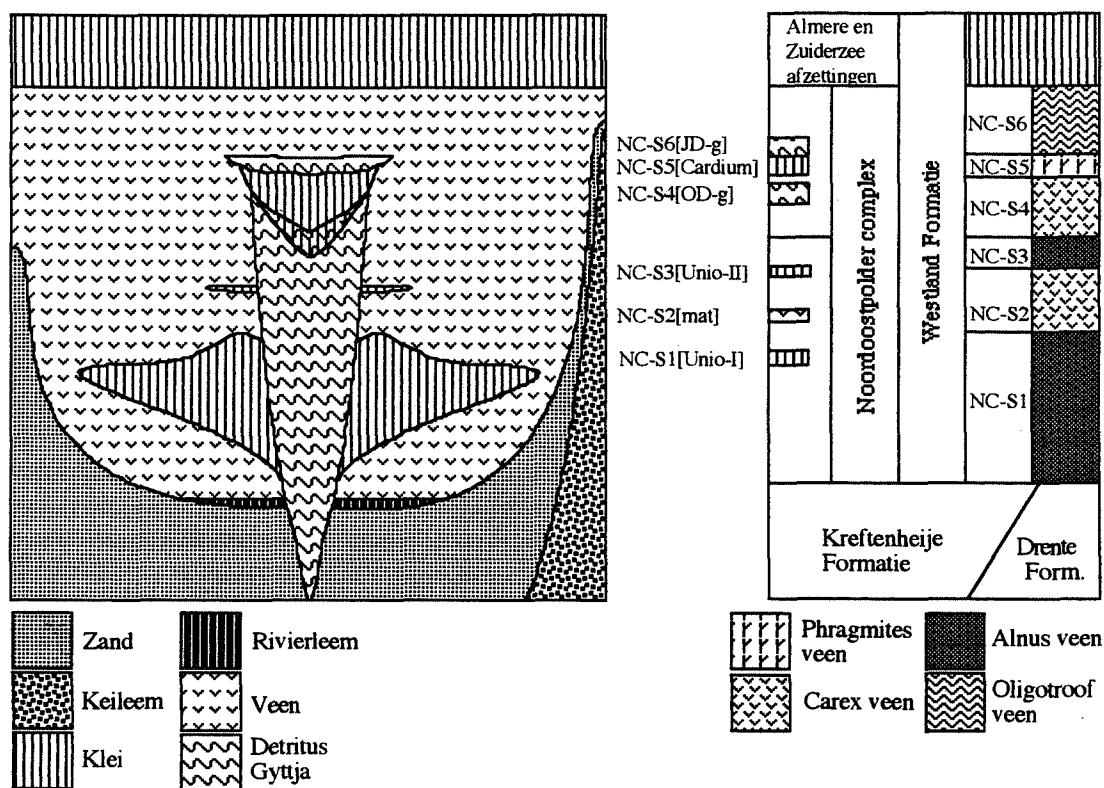
Nadere onderverdelingen zijn o.a. gemaakt door Van Loon en Wiggers (1975) en Ente et al. (1986).

2.2 De geologische opbouw in de studiegebieden Schokland en Urk.

2.2.1 Stratigrafische terminologie

Bij de beschrijving van het Pleistocene substraat wordt aangesloten bij de stratigrafische standaardindeling van Doppert et al. (1975). Met betrekking tot de onderverdeling van de Westland Formatie menen wij, mede gezien de hier boven aangeduide complexe situatie in Noord-Holland, dat er alle aanleiding is om ook in de Noordoostpolder een lokale lithostratigrafische indeling te hanteren, die los staat van elke eventuele chronostratigrafische implicatie (voor chronostratigrafische conclusies zie hoofdstuk 3). Aansluitend bij Westerhoff et al. (1987) wordt het bovenste deel van de Westland Formatie als "Almere en Zuiderzee afzettingen" beschreven. Voor het onderste deel van de formatie is het hanteren van de in Noord-Holland gebruikte indeling niet functioneel. De situatie in de Noordoostpolder kenmerkt zich door een complexe vertanding van de minerale en de organische facies en van sedimenten en sedentaten. Er is om die reden alle aanleiding het onderste deel van de Westland Formatie te

beschouwen als een samenhangend complex: het Noordoostpolder Complex (NC). Binnen het Noordoostpolder Complex kunnen individuele lagen gedefinieerd worden. Met name de ingeschakelde kleilagen vormen lithostratigrafisch in het algemeen goed herkenbare niveaus. Er is gezien de opzet van het huidige onderzoek echter gekozen voor een laagindeling die primair gebaseerd is op de verticale opeenvolging van verschillende organische pakketten, waarbij variatie in botanische samenstelling een centraal criterium vormt. Omdat de situatie in dit opzicht belangrijke verschillen vertoont tussen de studiegebieden bij Schokland en Urk, wordt voor beide gebieden een afzonderlijke indeling gehanteerd. In het studiegebied Schokland, wordt binnen het Noordoostpolder Complex een zestal lagen onderscheiden: van onder naar boven NC-S1 t/m NC-S6. In het gebied bij Urk worden de lagen NC-U1 t/m NC-U7 onderscheiden. De eerder (zie § 2.1.3.2) beschreven klastische inschakelingen (Oudere en Jongere Unio klei, Cardium klei, Oude en Jonge Detritus-Gyttja) zijn beter regionaal vervolgbaar. Ze worden in het hier gehanteerde systeem opgevat als facies-varianties binnen de boven geïntroduceerde lagen. Zo wordt bijvoorbeeld de Jongere Unio klei in het studiegebied Schokland aangeduid als NC-S3[Unio-II] en in het studiegebied Urk als NC-U3[Unio-II].



Figuur 2.8 Lithostratigrafie van het studiegebied Schokland

2.2.2 Het studiegebied Schokland

De dwarsprofielen die in het studiegebied Schokland zijn geboord zijn weergegeven in appendix C. De locatie van de dwarsprofielen is aangegeven in de figuren 1.3 en 5.1. Een overzichtsschema van de lithostratigrafische eenheden is weergegeven in fig 2.8.

2.2.2.1 Het Pleistocene substraat

In de ondergrond van het noordelijk deel van het voormalige eiland komt keileem van de Formatie van Drente voor. Ten westen van Schokland dagzoomt deze in het gebied van het Schokkerbos (fig. 2.9). Meestal treft men op de keileem een zandige laag aan die enkele

decimeters dik kan worden en waarvan we aannemen dat het om verspoeld verweringsmateriaal van de grondmorene gaat. Behalve in delen van het gebied van het Schokkerbos, liggen de Holocene afzettingen en veenlagen van de Westland Formatie direct op deze geremanieerde zanden. Het lokaal ontbreken van de Holocene afzettingen kan verklaard worden door de erosie tijdens de uitbreiding van de Zuiderzee vanaf 1600 AD. De keileem bereikt een maximale hoogte in het gebied van ca -2 m NAP. Het materiaal is in het algemeen grijs tot blauw van kleur en bestaat uit een mengsel van leem, zand en grind. Ook grotere klasten zijn waargenomen. In het noordelijk deel van het voormalige eiland Schokland en met name in het gebied ten noorden daarvan, bestaat de top van het Pleistocene pakket uit fluviatiele en eolische afzettingen van de Formatie van Kreftenheije. Hier zijn twee depressies te herkennen in het Pleistocene oppervlak; het voorkomen van de afsluitende leemlaag van de Formatie van Kreftenheije lijkt aan deze twee depressies gebonden te zijn. Aan het begin van het Holoceen moeten er in het gebied dus reeds twee duidelijke drainagebanen aanwezig zijn geweest.



Figuur 2.9 Verbreiding Pleistocene afzettingen in het studiegebied Schokland

2.2.2.2. De Westland Formatie; het Noordoostpolder Complex

Algemeen

Waar het Noordoostpolder Complex aanwezig is ligt dit in het algemeen niet-erosief op het Pleistocene substraat, behalve in enkele jongere geulen. Het onderste deel van het Complex bestaat uit een overheersend eutrofe organische facies met daarin ingeschakeld een tweetal kleilagen: de Oudere Unio klei en de Jongere Unio klei. In het noorden, waar voormalige rivierlopen aanwezig zijn, is het organisch pakket ontwikkeld als grove en deels ook fijne detritus. Het gaat hierbij om in open water gevormde afzettingen, opgebouwd uit plantenresten van lokale en regionale herkomst. Buiten de voormalige rivierlopen en langs de rand daarvan overheerste veenvorming: lateraal gaat de grove detritus over in *Carex*veen en *Phragmites*veen. Onder relatief drogere condities, bijvoorbeeld in situaties met een hoge ligging van het substraat, ontwikkelde zich een *Alnus-Betula*veen waarin *Carex*-resten voorkomen. In het bovenste deel van het Noordoostpolder Complex wordt de veenvorming gekenmerkt door aanvankelijke eutrofiëring (rietveen), gevolgd door een belangrijke afname in de beschikbaarheid van nutriënten die tot uitdrukking komt in oligotrofe veenvorming. In dit bovenste deel van het complex vindt men de Cardium klei ingeschakeld.

Het Noordoostpolder Complex bereikt in het studiegebied bij Schokland een dikte van maximaal 5 tot 7 m op plaatsen waar in het substraat voormalige rivierlopen aanwezig zijn; elders is de maximale dikte ca 2 tot 4 m. De top van het complex bereikt een maximale (niet compactie-vrije) hoogte van -1.76 m NAP op het voormalig eiland Schokland (boring 21, kavel P13, profiel VI).

Laag NC-S1

Alle venen en afzettingen die zich bevinden boven de Pleistocene ondergrond en onder een opvallende zeer goed geconserveerde zeggeveenhorizon (NC-S2[mat]; zie hieronder) worden gerekend tot laag NC-S1.

Laag NC-S1 bestaat vooral uit *Alnus*-broekveen. Naar het noorden toe, in de richting van het daar aanwezige stelsel van rivierlopen, wordt het *Alnus*-broekveen rijker aan *Carex*-resten en ten noorden van de Schokkerringweg bestaat NC-S1 uit *Carex*-veen met houtresten. Waar de Pleistocene ondergrond dieper ligt dan -6.5 m NAP domineert *Carex* altijd in het veen.

In het gebied van de voormalige rivierlopen treedt binnen laag NC-S1 een complexe laterale en verticale afwisseling van veensoorten op, in samenhang met het voorkomen van detritische afzettingen en klei (NC-S1[Unio-I]). De basis van NC-S1 bestaat hier uit fijne en grove detritus, die direct op de zandige of lemige afzettingen van de Formatie van Kreftenheye is gelegen. In het bovenste deel van de Formatie van Kreftenheye worden nog veelvuldig wortels van *Carex* en *Phragmites* aangetroffen, maar het feit dat deze naar boven toe verdwijnen illustreert het detritische karakter van het sedentaat. Op deze afzettingen liggen gyttja en de Oudere Unio klei (NC-S1[Unio-I]).

De Oudere Unio klei is afgezet in en vanuit beddingen die hun oorsprong vinden in het tijdens het Laatglaciaal tot stand gekomen relief van de Pleistocene ondergrond. In het studiegebied Schokland is daarbij een bedding opgevuld geraakt met klei (profiel I, boringen 13 t/m 15, profiel IV, boringen 6 t/m 15). Langs een andere bedding, die open bleef, hebben zich licht gerijpte oeverwallen ontwikkeld waarin veel boomwortels zijn aangetroffen. Achter de oeverwallen moeten zich min of meer permanent geïnundeerde komgebieden hebben bevonden, waarin het tot afzetting van ongerijpte klei kwam. Deze klei bevat veel bladresten van *Salix*, die waarschijnlijk afkomstig zijn van Wilgen die op en langs de oeverwallen groeiden. Op de overgang van de oeverwallen naar de komgebieden markeert de aanwezigheid van veel wortels van *Phragmites* in de klei de randzone van het openwaterareaal. Waar het in de komgebieden niet tot afzetting van klei kwam, wordt groen getinte algengyttja aangetroffen, een indicatie voor een relatief grote waterdiepte.

De totale dikte van NC-S1[Unio-I] varieert tussen enkele cm's, lokaal in de kommen, tot meer dan 3 m ter plaatse van oeverwallen en opgevulde bedding.

Waar laag NC-S1[Unio-I] als oeverwal ontwikkeld is kan deze een hoogte van -5.53 m NAP bereiken, de komklei ligt tussen boring 4 en 5 van profiel IV uit op een maximale klinkvrije hoogte van -6 m NAP. Enkele kilometers ten westen van het studiegebied zijn tijdens eerder ongepubliceerd (RIJP archief) onderzoek twee geulen met oeverwallen aangetroffen, ten oosten van het voormalige eiland Schokland verdwijnen de oeverwallen en gaat NC-S1[Unio-I] over in een ongerijpte onderwaterklei (Van Zweden en Van der Giessen, 1988).

De hierboven beschreven situatie van een qua karakter fluviatiel gebied met oeverwallen met daarop een begroeiing van *Salix* en omgeven door een zoom van *Phragmites* is kenmerkend voor zoetwatergetijdegebieden (Zonneveld, 1960; Westhoff et al., 1971). Het voorkomen van detritus direct onder en boven de Oudere Unio klei duidt op de aanwezigheid van open water voorafgaand aan en na afloop van de afzetting van NC-S1[Unio-I]. Uit het voorkomen van *Menyanthes trifoliata* direct boven de klei zou een lichte verandering zijn af te leiden in de richting van meer mesotrofe en minder dynamische condities. De toename naar het zuiden van broekbosclementen in NC-S1 duidt er op dat de invloed van getijdebewegingen en ook de afzetting van klei met toenemende afstand van de rivier snel verminderde. Immers *Alnus* is niet aangepast aan de sterke getijde bewegingen zoals in een zoetwatergetijde milieu optreden. Door de geringere schommelingen van de waterspiegel op enige afstand van de rivier ontstond daar een milieu waarin het *Alnus*-broekbos wel kon gedijen.

Laag NC-S2

Op laag NC-S1 wordt vrijwel overal een laag *Carex*veen aangetroffen die rijk is aan resten van *Menyanthes trifoliata* (zaden, epidermis). Deze laag wordt beschreven als laag NC-S2. Alleen in het centrale deel van het rivierstelsel, in het noorden van het gebied, ontbreekt NC-S2 in deze facies. Wellicht vormt een dunne laag detritus, rijk aan resten van *Cladium mariscus*, hier het equivalent (boringen 28 in profiel IV). De bovengrens van laag NC-S2 wordt bepaald door de overgang naar een facies die rijk is aan houtresten. NC-S2 bereikt een maximale hoogte van -5.20 m NAP in boring 29 in profiel V.

De basis van NC-S2 wordt, zowel binnen als buiten het gebied met duidelijke rivierinvloed, in veel gevallen gevormd door een zeer goed gepreserveerd en daardoor macroscopisch in het oog springend zeggeveen. De basis van deze gidshorizon (NC-S2[mat]) vormt per definitie de grens tussen NC-S1 en NC-S2.

NC-S2[mat] is opgebouwd uit een dichte mat van zeggewortels waarin veelvuldig *Menyanthes trifoliata*-resten worden aangetroffen; de laag bereikt een dikte van 1 - 20 cm. In het voormalige riviergebied ligt NC-S2[mat] vaak scherp op de onderliggende detritus en bevat de basis van NC-S2[mat] veel resten van *Nymphaeaceae*. Op grond van de uitstekende preservatie van het veen, het vrijwel ontbreken (ten hoogste 20%) van een humeuze matrix en de verweven structuur van de *Carex*-wortels, lijkt het aannemelijk dat de betreffende vegetatie tenminste ten dele een drijvend karakter heeft gehad. De resten van *Nymphaeaceae* aan de basis zouden een uitstekende kiemplaats kunnen hebben geboden voor verschillende planten die in drijftilgemeenschappen voorkomen, zoals o.a. *Carex pseudocyperus*, *Sium latifolia* en *Cicuta virosa* (Westhoff et al., 1971).

Laag NC-S3

Laag NC-S3 bestaat uit *Alnus*-broekveen, dat vaak rijk is aan *Carex*-resten. Ter plaatse van het rivierstelsel is NC-S3 opgebouwd uit van broekbos afkomstige grove detritus. Onderin deze detritus wordt soms de Jongere Unio klei (NC-S3[Unio-II]) aangetroffen, die hoogstens enkele cm dik wordt. Zowel in de broekveen-facies als in de grove detritus zijn regelmatig zaden van *Menyanthes trifoliata* aangetroffen. De bovenzijde van NC-S3 wordt bepaald door een abrupte overgang naar *Carex*veen (laag NC-S4). Laag NC-S3 reikt tot een hoogte van ca -3.40 m NAP op de helling van een Pleistocene verhoging in boring 21 (profiel VI).

Laag NC-S4

Laag NC-S4 bestaat uit *Carex*veen, dat aan de onderzijde begrensd wordt door het broekveen en de grove detritus van NC-S3. In het noorden van het studiegebied wordt het veen aan de bovenzijde begrensd door een veenlaag die rijk is aan *Phragmites* (NC-S5), respectievelijk door

de kleilaag die het equivalent daarvan is (NC-S5[Cardium]). In het zuiden ligt op NC-S4 een oligotroof veenpakket (NC-S6). In de top van NC-S4 komen soms houtresten van *Myrica* en *Betula* voor die wijzen op een afnemende beschikbaarheid van nutriënten in dat deel van NC-S4.

In het gebied met geulen in het noorden heeft laag NC-S4 zich overal, waar eerder open water bestond, ontwikkeld. Het veen is goed geconserveerd en rijk aan zaden van *Menyanthes trifoliata* en doet dan ook denken aan horizon NC-S2[mat]. Er zijn echter maar weinig aanwijzingen die in de richting van een drijftillenvegetatie in een gebied met open water wijzen.

Aangenomen wordt, hoewel dit in het terrein niet onomstotelijk vastgesteld kon worden, dat de Oude Detritus-Gyttja (NC-S4[OD-g]), die in de toenmalige geul voorkomt, lateraal overgaat in de veenlaag NC-S4. De Oude Detritus-Gyttja (Wiggers, 1955) bestaat uit geremanieerd veen, klei en afbraakresten van de vegetatie die ter plaatse in situ groeide (Klaar, 1951). De afzetting is uitsluitend aangetroffen in de voormalige riviergeul, waar hij erosief ligt op laag NC-S1, dan wel op de Pleistocene afzettingen van de Formatie van Kreftenheye. NC-S4[OD-g] is grijs tot zwart van kleur en bevat vaak veel *Ostracoden*.

In de venige facies bereikt laag NC-S4 een maximale hoogte van ca - 2.60 m NAP (boring 23, profiel VI) en heeft een dikte die varieert van enige centimeters tot vele decimeters in bijvoorbeeld het zuidelijk deel van Schokland. NC-S4[OD-g] kan een veel grotere dikte bereiken: meer dan 8 m op plaatsen waar de onderzijde tot - 11 m NAP reikt. NC-S4[OD-g] bereikt een maximale uitwighoogte van - 2.95 m NAP op het archeologische opgravingsterrein P14 aan de noordoostzijde van Schokland (Ten Anscher, in prep.).

Laag NC-S5

In het gebied ten noorden van de Schokkerringweg (zie profiel VII) wordt boven laag NC-S4 een veenlaag aangetroffen die *Phragmites* bevat en die hier aangeduid wordt als laag NC-S5. Ten zuiden van de Schokkerringweg zijn binnen laag NC-S4 weliswaar soms resten van *Phragmites* aangetroffen, maar onvoldoende systematisch om op grond daarvan een afzonderlijke laag te kunnen onderscheiden.

In de richting van het geulensstelsel in het noorden van het gebied neemt het percentage *Phragmites* in laag NC-S5 toe en krijgt de laag een zwarte kleur. In de richting van de geul valt een bijmenging van klei in NC-S5 te constateren; lateraal gaat de laag uiteindelijk over in de Cardium klei (NC-S5[Cardium]). Overigens zet de *Phragmites*-veenlaag zich ook voort over de kleiopvulling van de geul. De top van NC-S5 wordt overal gekenmerkt door de aanwezigheid van houtskool en verbrande plantenresten.

Ter plaatse van de geul komt een goed herkenbare slappe kleilaag voor (Cardium klei; NC-S5[Cardium]). In de voormalige geul zelf, waar de afzetting een dikte van enkele meters bereikt en erosief op NC-S4[OD-g] (Oude Detritus-Gyttja) ligt, bevat de klei veelal schelpen van *Cerastoderma glaucum* (voorheen *Cardium edule* genoemd). Tussen NC-S5[Cardium] en NC-S4[OD-g] wordt vaak detritus-gyttja aangetroffen die rijk is aan *Cerastoderma glaucum* schelpen. Deze laag wordt wel aangeduid als "Cardium Detritus" en kan worden opgevat als Oude Detritus-Gyttja (NC-S4[OD-g] die geremanieerd is in de beginfase van de afzetting van de Cardium klei (NC-S5[Cardium]) (Klaar, 1951; Wiggers, 1955).

De venige facies van NC-S5 bereikt een dikte van maximaal enkele decimeters en een maximale hoogte van - 2.39 m NAP in boring 22 van profiel VI. De Cardium klei NC-S5[Cardium] bereikt een maximale compactie-vrije hoogte van -2.65 m NAP op de kavel P14 (Van Zweden en Van Der Giessen, 1988). Op de archeologische opgraving op kavel P-14 is Cardium klei gevonden in kuiltjes in het Pleistocene substraat tot een hoogte van ca -2.40 m NAP (Ten Anscher, in prep.).

Laag NC-S6

Laag NC-S6 bestaat uit oligotroof veen, *Carex*veen en *Cladium*veen. Dit pakket is overal aangetroffen, waar de Holocene veenvorming zich tot in een laat stadium van de ontwikkeling heeft kunnen voortzetten en waar het veen vervolgens gespaard is gebleven voor jongere erosie. In de praktijk betekent dit dat het voorkomen in essentie beperkt is tot het voormalige eiland

Schokland en die delen van de omgeving van Schokland, die in de middeleeuwen langdurig bedijkt zijn geweest.

In de rivierbedding ligt op laag NC-S5[Cardium] lokaal een laag detritus-gyttja: Jongere Detritus-Gyttja (Wiggers, 1955) (Profiel IV, boring 30 t/m 33). Deze facies wordt hier aangeduid als NC-S6[JD-g]. De Jonge Detritus-Gyttja vertegenwoordigt de laatste fase van sedimentatie in de geul. Deze verloor zijn drainerende functie door het tot ontwikkeling komen van nieuwe meren in het gebied en raakte uiteindelijk overgroeid door het veen van NC-S6.

In veel gevallen wordt aan de basis van NC-S6, direct op laag NC-S5, een niveau met *Cladium*veen aangetroffen, met daarboven *Carex*veen of *Moliniaveen*. Op de meeste plaatsen echter is dit niveau, dat naar boven toe overgaat in veen met veel *Ericaceae* afgewisseld met *Eriophorum*- en *Sphagnum*veen, slechts dun en op andere plaatsen is het in het geheel niet waargenomen. In het uiterste zuiden evenwel (profiel VIII, boringen 1 t/m 5) is laag NC-S6 geheel als *Cladium*veen ontwikkeld. Slechts in het bovenste deel van laag NC-S6 is daar een heel dun niveau met oligotrafente taxa aangetroffen. Ten noorden van de archeologische opgravingslocatie P14 (zie fig. 5.1) domineren *Myrica*-rijk *Carex*veen en *Cladium*veen binnen laag NC-S6. Alleen aan de top komt hier duidelijk oligotroof veen voor. Deze afwijkende situaties in het zuiden en bij P14 hangen samen met de lokale aanwezigheid van voedselrijk water.

Bij de vorming van laag NC-S6 is het gehele Pleistocene oppervlak overgroeid geraakt met veen. Daardoor is het onmogelijk geweest een compactie-vrije uitwighoogte voor NC-S6 vast te stellen. Op plaatsen waar enerzijds weinig erosie heeft plaatsgevonden en anderzijds weinig klastisch materiaal (Almere en Zuiderzee afzettingen) op het veen is afgezet kan NC-S6 een dikte van tussen de 1 en 2 meter bereiken. In de meeste gevallen is de dikte echter minder dan een meter. De Jonge Detritus Gyttja kan in sommige delen van de polders vele meters dik zijn (Wiggers, 1955), hoewel in de hier gepresenteerde profielen de afzetting hoogstens ca 1 m dik is, als opvulling van de voormalige rivierloop.

2.2.2.3 De Westland Formatie: Almere en Zuiderzee Afzettingen

De Almere en Zuiderzee Afzettingen bestaan in het studiegebied Schokland uit silten, siltige kleien en zandige afzettingen. De afzettingen rusten in het algemeen op geabradeerde restanten van het Noordoostpolder Complex, of direct op het Pleistocene substraat.

Op het voormalige eiland Schokland zelf zijn de afzettingen ontwikkeld als een maximaal 2 m dikke kleilaag waarvan de humeuze basis, in veel gevallen non-erosief, rust op het veen van het Noordoostpolder Complex (laag NC-S6). In dergelijke gevallen is er binnen laag NC-S6 naar boven toe een geleidelijke overgang waar te nemen van oligotroof veen naar *Carex-Phragmites*veen.

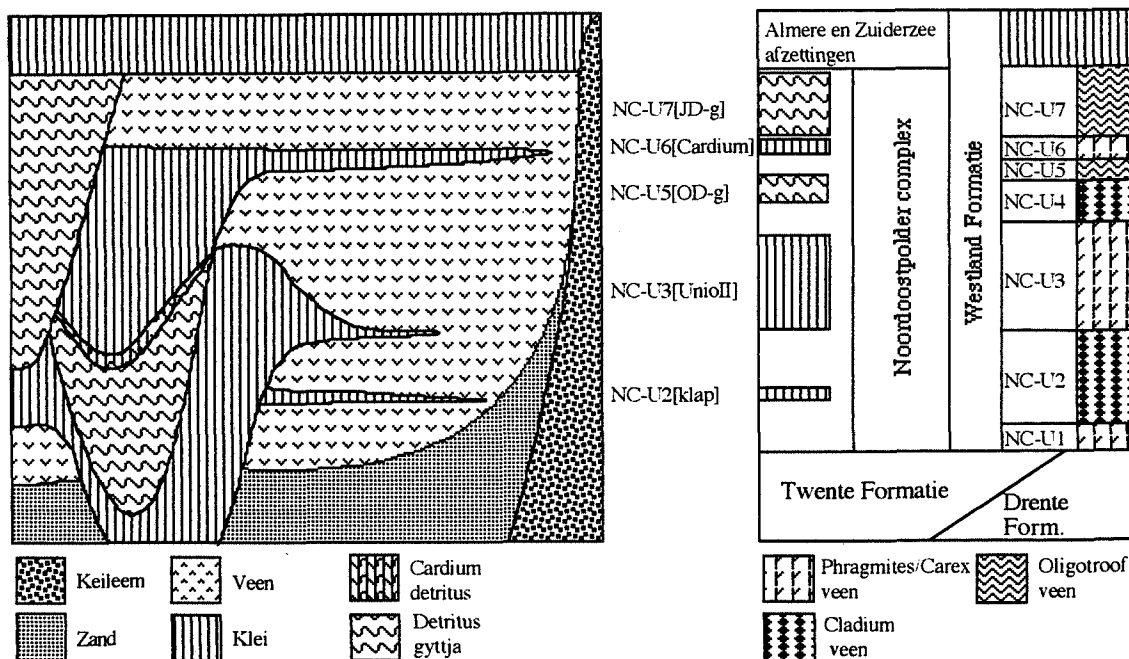
2.2.3 Het studiegebied Urk

De dwarsprofielen die in het studiegebied Urk zijn afgeboord (Urk D56 en Urkerbos) zijn weergegeven in de appendix C. De locatie van de dwarsprofielen is aangegeven in figuur 1.3. Tezamen hebben de profielen een lengte van 5 km. Het dwarsprofiel D56 verloopt loodrecht op de belangrijkste geul die in de ontwikkeling van het gebied een rol heeft gespeeld, terwijl het profiel Urkerbos min of meer parallel aan de geul geboord is. Een overzichtsschema van de lithostratigrafische eenheden is weergegeven in fig 2.10.

2.2.3.1 Het Pleistocene Substraat

De kern van het voormalige eiland Urk wordt gevormd door keileem, die hier een maximale hoogte bereikt van +16 m NAP. Lateraal komen op deze keileem goed gesorteerde eolische zanden van de Formatie van Twente voor. In het studiegebied zijn geen rivierafzettingen van de Formatie van Kreftenheye herkend. Voorzover ze niet ontbreken zullen ze bedekt zijn door zanden van de Formatie van Twente. Het ontbreken van rivierduinen maakt het aannemelijk dat de depressie in het Pleistocene oppervlak in noorden van het studiegebied (fig. 2.1) geen deel

uitmaakt van het Laatglaciale rivierstelsel. Waarschijnlijker is dat deze depressie samenhangt met de, in de loop van het Weichselien dichtgestoven, loop van de Rijn daterend uit het Eemien of het Vroeg-Weichselien.



Figuur 2.10 Lithostratigrafie van het studiegebied Urk

2.2.3.2 De Westland Formatie; Het Noordoostpolder Complex

Algemeen

Het Noordoostpolder Complex in het studiegebied Urk bestaat onderin uit overwegend eutroof veen met daarin ingeschakeld een tweetal kleilagen, waarvan de bovenste geïdentificeerd wordt als de Jongere Unio klei. Bovenin domineert oligotroof veen, waarin een inschakeling van sterk kleiig eutroof veen (equivalent van de Cardium klei) voorkomt, terwijl in de voormalige geul ten noorden van Urk ook twee afzettingen voorkomen, die bestaan uit een mengsel van organische en minerogene componenten (Oude en Jonge Detritus-Gyttja).

Aan de basis van het Noordoostpolder Complex wordt vooral *Carex-Phragmites*veen aangetroffen; naar boven toe gaat dit over in *Carex*veen waarin *Cladium mariscus* een belangrijke rol speelt. De aanwezigheid van resten van *Molinia*, *Myrica* en *Betula*, hogerop in de successie wijst reeds op de overgang naar de oligotrofe facies bovenin. Op een aantal plaatsen reikt het Noordoostpoldercomplex tot aan het maaiveld, waarbij dan sterk geoxideerd *Carex*veen wordt aangetroffen. In de meeste gevallen wordt het Noordoostpolder Complex echter via een erosief contact bedekt door jongere afzettingen van de Westland Formatie.

Het Noordoostpolder Complex bereikt in het studiegebied bij Urk een maximale dikte van ca 9 meter in de voormalige geul en ca 5 meter in het veengebied. De top van het Complex bereikt een maximale hoogte van -2 m NAP in het Urkerbos.

Laag NC-U1

Laag NC-U1 ligt direct boven het Pleistocene substraat en wordt aangetroffen op plaatsen waar het substraat dieper ligt dan ca -5.60 m NAP. De laag bestaat uit *Carex-Phragmites*veen, dat zich vaak weinig onderscheidt van het veen in de bovenliggende laag NC-U2. In de boring (D56, zie profiel D56)) die op botanische macroresten is onderzocht (zie fig. 1.3) begint de veenvorming op het zandige substraat met een *Alnus-Betula*veen. In het terrein is geen afzonderlijke bosveenlaag onderkend, hoewel in veel boringen in het onderste deel van het Noordoostpolder Complex wel regelmatig houtresten zijn aangetroffen, met name in het westelijke deel van het Urkerbos profiel. Dit traject is echter niet tot laag NC-U1 gerekend, maar tot laag NC-U2 en NC-U4 op grond van alle andere eigenschappen van het veen uit dit traject, zoals het vrijwel ontbreken van *Phragmites*-resten in het veen.

Laag NC-U2

Laag NC-U2 bestaat uit *Carex*veen dat rijk is aan resten van *Cladium mariscus*. De laag ligt ofwel direct op de Pleistocene ondergrond of op laag NC-U1. Aan de bovenzijde wordt NC-U2 begrensd door *Phragmites*veen (NC-U3) of door een kleilaag (Jongere Unio klei: NC-U3[Unio-II]). Waar NC-U3 ontbreekt gaan laag NC-U2 en laag NC-U4 zonder duidelijke scheiding in elkaar over. In veel boringen is het veen van NC-U2 sterk detritisch ontwikkeld, hetgeen wijst in de richting van gebieden met open water. NC-U2 bereikt een maximale compactie-vrije hoogte van ca -5.20 m NAP (boring 26, profiel Urkerbos). Waar NC-U2 bedekt wordt door laag NC-U3, zoals in het noordelijk deel van het D56 profiel, bedraagt de dikte van NC-U2 tussen de 0.3 en 1 meter.

Ingeschakeld in NC-U2 wordt een (lokaal meerdere) scherp begrensde dunne kleilaag aangetroffen. Deze kleilaag, aangeduid als NC-U2[klap], bereikt een dikte van enkele dm in de onmiddellijke nabijheid van de voormalige geul ten noorden van Urk, terwijl de dikte bij de keileemopduiking van het voormalige eiland is afgenomen tot minder dan een cm. Dit pleit er voor dat de kleilaag vanuit de geul tot afzetting is gekomen. Daarnaast krijgt men echter sterk de indruk dat de klei scheef door veenpakketten van verschillende ouderdom en stratigrafische positie heensnijdt. Verder is de klei schoon, bevat weinig of geen zand, is niet doorworteld en is vaak zeer fijn maar duidelijk gelaagd. Al deze waarnemingen, tezamen met de scherpe begrenzing van de klei(a)g(en) met de eronder en erboven liggende organogene afzettingen wijzen op sedimentatie onder drijvende veenpakketten (zogenaamde klapklei, zie o.a. Overbeck, 1975). Daarbij moet, gezien de anomale stratigrafische relaties, niet zozeer gedacht worden aan afzetting onder zich ontwikkelende drijftillen. De hele situatie wijst er veel meer op dat (reeds in een eerder stadium gevormde) veenpakketten zijn gaan drijven ten gevolge van het tot ontwikkeling komen van de geul waarin de Jongere Unio klei (NC-U3[Unio-II], zie hieronder) tot afzetting zou komen. Door het optreden van hoge waterstanden in de geul, mogelijk samenhangend met stormen, zal het aangrenzende veen, waar dat gemakkelijk los kon scheuren op meer detritische niveau's, zijn gaan drijven. De klei die onder het drijvende veen tot afzetting kwam, kan opgevat worden als de eerste sedimentatie van de Jongere Unio klei. De ontwikkeling van de vegetatie op dergelijke drijvende veenpakketten is overigens gewoon doorgegaan, zoals in sommige boringen dicht bij de geul kon worden vastgesteld. Alleen de scherpe overgang van NC-U2[klap] naar het bovenliggende veen (NC-U2) getuigt hier van het drijven en vervolgens weer stranden van het veenpakket.

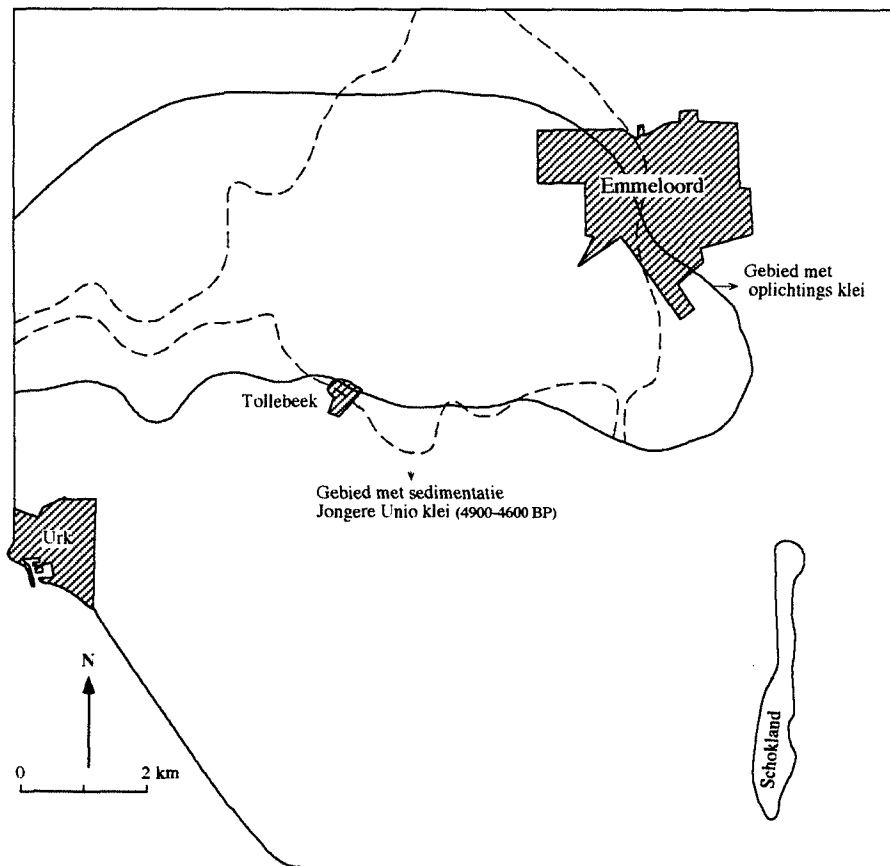
De hier beschreven klei, NC-U2[klap] is niet aangetroffen in gebieden waar het substraat hoger ligt dan - 6 m NAP. Het voorkomen van NC-U2[klap] is weergegeven in figuur 2.11.

Laag NC-U3

In grote delen van het studiegebied Urk wordt op het *Cladium*-rijke *Carex*veen van NC-U2 een kleiige *Phragmites*veenlaag aangetroffen: NC-U3. In het noordelijk deel van profiel Urk D56 gaat deze rietveenlaag over in een kleilaag (NC-U3[Unio-II]).

Meer naar het zuiden wigt het rietveen van laag NC-U3 uit in het *Carex*veen met *Cladium*resten van laag NC-U2, dat op dit niveau soms zeer veel houtskool bevat. Naar boven toe gaat NC-U3 over in het *Cladium-Carex*veen van laag NC-U4. Aan de basis en de top is laag NC-U3 vaak zwart gekleurd tengevolge van oxidatie in fasen waarin de waterspiegel laag stond. Het middelste deel van de laag is meestal het beste geconserveerd, hetgeen wijst in de

richting van een fase met toenemende waterdiepten gevolgd door een fase met geringe waterdiepten.



Figuur 2.11 Verbreiding van oplichtingskleien en Jongere Unio klei

De Jongere Unio klei, de kleiige facies van NC-U3, ligt in de voormalige geul ten noorden van Urk erosief op het Pleistocene substraat en op oudere elementen van het Noordoostpolder Complex. De kleiafzetting in de geul bereikt een diepte tot ca -14 m NAP. Langs de geul ontwikkelden zich lage oeverwallen die, blijkens de vrij compacte structuur van het sediment, enige rijping ondergingen. De top van deze oeverwallen bereikt een hoogte van - 3.95 m. NAP, terwijl de kleilaag buiten de geul een hoogte bereikt van -5.50 m NAP. Buiten de geul gaat de kleiige facies (NC-U3[Unio-II]) overigens snel over in het kleiige rietveen van NC-U3 en op een afstand van ca 1000 m van de geul (zie beide profielen) wigt dit rietveen uit in het *Cladium*-rijke *Carex*veen van NC-U2 en NC-U4. Bij de beschrijving van laag NC-U2 is uiteengezet, dat reeds in een vroeg stadium vanuit de geul, die samenhangt met de Jongere Unio klei afzetting, sedimentatie van klei plaats vond onder het veen (Laag NC-U2[klap]).

Laag NC-U4

Laag NC-U4 bestaat uit *Cladium*-*Carex*veen en ligt op het kleiige rietveen van laag NC-U3 of op het minerogene equivalent daarvan (NC-U3[Unio-II]). Waar NC-U3 ontbreekt gaan de *Cladium*-rijke lagen NC-U2 en NC-U4 direct in elkaar over, waarbij het bovenste deel van de sequentie (laag NC-U4) geen detritisch karakter vertoont. Waar laag NC-U4 op laag NC-U3 ligt heeft de laag een dikte van 10-50 cm en bereikt een niet compactie-vrije hoogte van ca -4.60 m NAP.

Laag NC-U5

De basis van laag NC-U5 wordt op veel plaatsen gekenmerkt door een veen dat rijk is aan resten van *Molinia*, *Myrica* en *Betula*. Naar boven toe gaat dit veen over in *Sphagnum*veen. Op sommige plaatsen, met name in de nabijheid van de geul in het noordelijk deel van profiel D56, zijn geen oligotrofe elementen in het veen aangetroffen. Hier kan laag NC-U6 direct op laag NC-U4, soms zelfs op laag NC-U3 liggen. Op andere plaatsen ontbreekt het traject met *Molinia*, *Myrica* en *Betula* en ligt het *Sphagnum*veen van laag NC-U5 direct op het *Cladium*veen van laag NC-U2/4. De dikte van laag NC-U5 bedraagt hoogstens enkele decimeters en bereikt een maximale, niet klinkvrije, hoogte van ca -3.05 meter NAP in het westelijke deel van het Urkerbos profiel.

Tot laag NC-U5 wordt eveneens een pakket afzettingen gerekend, dat bestaat uit een mengsel van organische en minerogene componenten, de Oude Detritus-Gyttja (NC-U5[OD-g]), die blijkens de stratigrafische positie tussen de klastische lagen NC-U3[Unio-II] en NC-U6[Cardium], lateraal overgaat in laag NC-U4 of NC-U5. Deze organoklastische afzettingen komen voor in de geul ten noorden van Urk (profiel D56) waar ze erosief op laag NC-U3[Unio-II] liggen. NC-U5[OD-g] is opgebouwd uit geremanieerd veen, klei en resten afkomstig van de lokale vegetatie (Klaar, 1951). De afzettingen kunnen een diepte bereiken tot -8 m NAP en een dikte tot 6 m.

Laag NC-U6

Het oligotrofe veen van NC-U5 wordt overal in het studiegebied bedekt door een eutrofe facies (laag NC-U6). In de geul en in de onmiddellijke nabijheid daarvan is laag NC-U6 ontwikkeld als een kleipakket (Cardium klei: NC-U6[Cardium]). Op enige afstand van de geul vindt men vervolgens een klei die veel resten van *Phragmites*- en enkele *Carex*-wortels bevat. Op een afstand van ongeveer één kilometer van de geul verdwijnen de klei en de *Phragmites*-wortels geleidelijk uit het veen, dat nu geheel uit *Carex*-wortels bestaat.

Opvallend is dat in de geul de klei van NC-U6[Cardium] niet of nauwelijks erosief op de Oude Detritus-Gyttja afzettingen van NC-U5[OD-g] ligt. In veel gevallen bevat grijs gekleurde klei van NC-U6[Cardium] schelpen van *Cerastoderma glaucum*. De klei bereikt een maximale dikte van ca 1.5 m in de geul. De venige facies van de laag is te vervolgen tot een hoogte van -2.70 m NAP (boring 6, Urkerbos profiel) en bereikt over het algemeen een dikte van 1 à 2 decimeters.

Aan de basis van NC-U6[Cardium] wordt vaak een detrituslaag aangetroffen met daarin veel schelpen van *Cerastoderma glaucum*. Deze laag staat wel bekend als de "Cardium detritus" en wordt geïnterpreteerd als geremanieerde Oude Detritus-Gyttja (NC-U5[OD-g]), afgezet tijdens het begin van de kleiafzettingsfase (NC-U6[Cardium]) (Wiggers, 1955).

Laag NC-U7

Laag NC-U7 is opnieuw een oligotrofe veenlaag. De laag wordt overal aangetroffen, behoudens waar deze door jonge erosie is verdwenen. NC-U7 is opgebouwd uit een aantal lagen *Sphagnum*veen, afgewisseld met niveau's met *Ericaceae*- en *Eriophorum*veen. In de meeste gevallen is de top van het veen geoxideerd en geërodeerd, maar in enkele boringen kon in de top een overgang naar *Carex*veen worden waargenomen. In grote delen van het Urkerbos profiel bedraagt de dikte van laag NC-U7 meer dan één meter.

Eveneens tot laag NC-U7 wordt een tweede, uit een mengsel van organische en minerogene componenten bestaande, afzetting gerekend (NC-U7[JD-g]) die in de geul ten noorden van Urk voorkomt boven laag NC-U6[Cardium]. Het gaat hier om de Jongere Detritus-gyttja die door Wiggers (1955) tot de Flevomeer afzettingen wordt gerekend, die over aanzienlijke oppervlakten in het Zuiderzeegebied voorkomen. De afzetting kwam tot stand in de in omvang toenemende openwater-arealen van het zich ontwikkelende Flevomeer en bestaat uit geremanieerde veen, klei en restanten van de lokale vegetatie in en rond het meer. Lateraal gaat NC-U7[JD-g] lokaal over in de oligotrofe veenfacies van NC-U7.

2.2.3.3 De Westland Formatie: de Almere en Zuiderzee Afzettingen

Het bovenste deel van de Westland Formatie bestaat in het studiegebied Urk vooral uit geremaneerd Pleistoceen zand ("Urkzand"; Wiggers, 1955) en uit siltige kleiafzettingen. De afzettingen liggen vaak erosief op het bovenste deel van het Noordoostpolder Complex. De aanwezigheid van vaak belangrijke pakketten Almere en Zuiderzee Afzettingen in het gebied heeft overigens de afzettingen van het Noordoostpolder Complex in dit gebied ook bescherming geboden tegen verdergaande erosie gedurende de ontwikkeling van de lagune.

2.2.4 Conclusies

2.2.4.1 Veenontwikkeling

Inleiding

Bij de interpretatie van de veenontwikkeling zoals die zich in de beide studiegebieden in de loop van het Holoceen heeft voorgedaan, zijn de volgende overwegingen gehanteerd.

Bij de vorming van veenpakketten kunnen verschillende veenvormende vegetatietypen betrokken zijn. Interne factoren (successie) en externe factoren (marine invloed, klimaat, menselijke activiteit, stijging van de grondwaterspiegel) die van invloed zijn op de vegetatieontwikkeling, leiden tot het voorkomen van verschillende gradiënten in het landschap (vochtigheid, nutriënten). Welk type veenvormende vegetatie (en dus welk type veen) zich ontwikkelt, hangt onder andere af van de positie langs deze gradiënten, de voorgeschiedenis van de vegetatie, de beschikbaarheid van nieuwe taxa, het aanpassingsvermogen van vegetaties en invloed van andere, vaak lokale factoren (kwel, ondoorlaatbare lagen, nabijheid van geulen).

Ondanks de grote variabiliteit van de milieufactoren zowel in ruimte als in tijd is het mogelijk om voor de Holocene veenontwikkeling in Nederland enkele ideale sequenties te beschrijven. Uitgangspunt daarbij is dat externe factoren tijdens de geïdealiseerde veenopbouw nauwelijks een rol spelen en dat de veensequenties derhalve de natuurlijke successie van vegetatietypes weerspiegelen. Afwijkingen van de ideale sequenties zijn dan te verklaren als het resultaat van externe invloeden op het systeem.

Ideale veensequenties

Tijdens de ontwikkeling van open water naar oligotrofe hoogveenvegetaties volgen diverse veenvormende vegetatietypen elkaar op in de tijd (successie) als gevolg van een afnemend nutriëntenaanbod in het milieu en een relatieve verlaging van de waterstand in de vegetatie (zie hoofdstuk 3 voor een gedetailleerde beschrijving van de vegetatiesuccessie). Omdat veenvorming in elk vegetatietype leidt tot een veentype met een eigen lithologisch karakter is het mogelijk om een ideale verlandingsveensequentie af te leiden uit de te verwachten vegetatiesequentie (zie o.a. Visscher, 1949; Overbeck, 1975 en fig 3.2). Deze sequentie, hier verder verlandings-sequentie genoemd, begint met afzettingen (gyttja, fijne en grove detritus) in min of meer open water. Bij afnemende waterdiepte, ten gevolge van de accumulatie van organisch materiaal, begint zich vervolgens *Phragmites*veen te ontwikkelen. In het kustgebied doet zich een variant op deze ontwikkeling voor: de verlanding begint niet zozeer met accumulatie van detritisch organisch materiaal, maar met het binnendringen van *Phragmites* in een gebied met een zekere getijdeinvloed, waar de aanvoer van minerogeen materiaal geleidelijk wegvalt. In het binnenland is de overgang van *Phragmites*veen naar oligotroof veen een geleidelijk proces. De nutriëntenaanvoer vindt hier (althans in gebieden waar rivieren van enige omvang geen rol spelen) plaats via het grondwater. De verarming aan nutriënten is min of meer het gevolg van de successie. Wanneer door de opbouw van het *Phragmites*veen de waterdiepte tot enkele decimeters is afgenomen dringen verschillende *Carex* soorten (*C. paniculata*, *C. pseudocyperus*, *C. acuta* etc.) de vegetatie binnen en wordt er een zeggeveen gevormd. Door de voortgaande relatieve verlaging van de waterspiegel (als het veenoppervlak de gemiddelde hoogwaterlijn bereikt; Overbeck, 1975) dringen, afhankelijk van de nutriënten-status op dat

moment, *Salix*, *Alnus* of *Betula* door in de *Carex*-vegetatie en ontstaat er bosveen. De geleidelijke afname aan nutriënten die tot op dit moment plaatsvond gaat nu over in een veel snellere afname, omdat door de voortgaande accumulatie op het veenoppervlak het contact met het grondwater steeds verder verloren gaat (Zagwijn, 1986). Als gevolg van deze verarming kan *Betula* in het moerasbos doordringen en ontstaat er *Betulaveen* (Westhoff en Den Held, 1975). Wanneer zich vervolgens ook *Sphagnum* soorten vestigen treedt er een verzuring van het milieu op en ontwikkelen zich ombrotrofe venen die hun eigen grondwaterspiegel genereren. *Sphagnum* soorten dragen actief bij tot acidificatie van het milieu doordat ze H^+ ionen afscheiden bij de opname van metaalionen (Clymo, 1963; Overbeck, 1975).

De hierboven gepresenteerde verlandings-sequentie is er een die optreedt als er zich geen externe invloeden op het milieu voordoen, waarbij het nutriëntenaanbod geleidelijk terugloopt. Afwijkingen in de sequentie vormen een aanwijzing voor veranderende externe invloeden op het milieu. Afwijkingen uit zich door: het ontstaan van veentypen die niet in deze verlandings-sequentie thuishoren (bijvoorbeeld: *Cladium*veen), het overslaan van bepaalde stappen uit de verlandings-sequentie (bijvoorbeeld: de overgang van *Carex*veen naar *Betulaveen* of oligotroof veen) en retrograde ontwikkelingen (bijvoorbeeld: de overgang van *Alnus*broekveen naar *Carex*veen).

Uit studies in het kustgebied (Van Geel et al., 1983; Bakker en Van Smeerdijk, 1982; Witte en Van Geel, 1985; zie ook Zagwijn, 1986) is gebleken dat in de kustveen-sequenties geen *Alnus*-broekbosvorming is opgetreden. Meestal ligt het oligotrofe veen hier vrijwel direct op *Phragmites*-rijke veenlagen, gescheiden door een veenlaag met resten van ruderaal kruiden (*Lotus uliginosum*, *Galium uliginosum*), *Carex spec.*, *Myrica gale*, *Betula*, *Menyanthes trifoliata*, *Potentilla palustris* en/of bladmossen. In de kustveen-sequenties uit het verleden worden dus enkele stappen in de ideale sequentie overgeslagen. Bakker en Van Smeerdijk (1982) en Witte en Van Geel (1985) wijzen op verarming van het milieu in deze overgangsfase; zij wijten dit aan isolatie ten opzichte van nutriënten-rijk oppervlaktewater en aan stabilisatie van de waterstand. Nadat het optreden van inundaties met nutriënten-rijk water tot een einde is gekomen beperkt de aanvoer van nutriënten zich tot wat er met de neerslag wordt aangevoerd, waardoor het milieu verarmt (Zagwijn, 1986). Omdat de kustveen-sequentie zich goed leent als vergelijkingsobject voor de veen-sequenties bij Urk, wordt deze sequentie, naast de eerder genoemde verlandings-sequentie, gehanteerd als ideale sequentie. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat in de verlandings-sequentie externe invloeden op het milieu in principe afwezig zijn, terwijl in de kustveen-sequentie wel degelijk sprake is van veranderende externe factoren, zoals bijvoorbeeld het beëindigen van inundaties met (verdund) zeewater. Het onderscheid tussen kustveen-sequenties en verlandings-sequenties, is voor ons onderzoek met name relevant omdat de ruimtelijke begrenzing van deze sequenties het mogelijk maakt de uitbreiding van de mariene invloedsfeer ten opzichte van het terrestrisch gedomineerde gebied vast te stellen. In de praktijk blijkt deze begrenzing in de bestudeerde periode regelmatig tussen Urk en Schokland te hebben gelegen (zie ook hoofdstuk 5).

Het studiegebied Schokland

In het gebied bij Schokland wordt de veenontwikkeling onder in de sequentie gekenmerkt door een afwisseling van bosveen en *Carex*veen, terwijl er bovenin *Phragmites*veen tot ontwikkeling kwam, gevolgd door oligotroof veen. Uit de profielen (zie ook fig 2.8) blijkt dat er aan de basis van het pakket bosveen voorkomt (laag NC-S1), dat naar de rivier toe lateraal overgaat in detritus en klei (NC-S1[Unio-I]). Naar boven toe volgt er een overgang naar *Carex*veen (laag NC-S2). Deze successie is invers ten opzichte van de successie zoals die zich in hierboven besproken verlandingsequentie, bij het ontbreken van belangrijke externe invloeden, voordoet. Verondersteld wordt dat de overgang naar *Carex*veen samenhangt met een snelle stijging van de waterspiegel. De daarop volgende overgang naar het bosveen van laag NC-S3 past goed in de verlandingsequentie; het feit dat zich verlandingstendenzen konden voordoen wijst op een afname van de stijging van de waterspiegel. Opvallend is dat deze nieuwe fase van bosveenontwikkeling opnieuw correleert met afzetting van mariene klei (NC-S3[Unio-II]) in de geul. *Carex*veenlaag NC-S4 is vervolgens opnieuw indicatief voor versnelde rijzing van de waterspiegel. Het *Phragmites*veen van laag NC-S5 wijst primair op toegenomen voedselrijkdom, die samenhangt met een toename van de mariene invloed in relatie met de

afzetting van de Cardium klei (NC-S5[Cardium]) in de omgeving (zie ook § 3.7.5). De oligotrofe veenlaag NC-S6 op het *Phragmites*veen ontwikkelde zich door het verdwijnen van de mariene invloed. De beschikbare hoeveelheid nutriënten nam snel af en de vegetatie werd in dat opzicht afhankelijk van voedselarm grondwater en neerslag. Deze sequentie lijkt sterk op de kustveen-sequentie. Verondersteld mag dan ook worden dat de mate van stijging van de grondwaterspiegel niet groter was dan de accumulatiesnelheid van het veen.

Samenvattend kan gesteld worden dat in het gebied bij Schokland de ontwikkeling in de richting van een oligotroof veen twee maal geblokkeerd is door het optreden van een versnelde (grond) waterspiegelstijging (lagen NC-S2 en NC-S4) en daarnaast nog een keer door eutrofiëring tengevolge van mariene invloed (laag NC-S5).

Het studiegebied Urk

Het ontbreken van belangrijke bosveenlagen indiceert dat de veenontwikkeling in het studiegebied bij Urk moet worden gezien in het licht van de hierboven beschreven kustveen-sequentie. In het onderste deel van het veenpakket (lagen NC-U1 t/m NC-U4) is sprake van een afwisseling van verschillende veentypen die afwijkt van de ideale sequentie. Vastgesteld kan worden dat er in laag NC-U3 sprake is van invloed van nutriënten-rijk water (in samenhang met de afzetting van de Jongere Unio klei (NC-U3[Unio-II])). Voor het overige is het zonder gedetailleerd palaeobotanisch onderzoek niet mogelijk om de afwisseling in veentypen oorzakelijk te verklaren; het gaat namelijk om venen waarin respectievelijk *Phragmites* en *Cladium* de belangrijkste componenten vormen en beide soorten kunnen zowel in gebieden met een relatief lage als in gebieden met relatief hoge waterspiegel voorkomen. Omdat het ontstaan van *Phragmites*veen wellicht samenhangt met een duidelijke mariene invloed op het milieu (zie laag NC-U3), kan de afwisseling tussen *Cladium*veen en *Phragmites*veen een aanwijzing vormen voor het optreden van variaties in de mariene invloed op de vegetatie.

De overgang naar oligotroof veen in laag NC-U5 past in de kustveen-sequentie. Hier is sprake van een afname van de beschikbaarheid van nutriënten doordat het gebied geïsoleerd raakt van mariene invloeden. De netto veenaccumulatie moet minimaal even snel zijn verlopen als de rijzing van de (grond)waterspiegel. In feite is de rijzingssnelheid beperkt geweest (zie § 4.1.6). In laag NC-U6 komt overstroming met water waarin een mariene component aanwezig is tot uitdrukking door de aanwezigheid van klei en een overgang naar *Phragmites*veen in het gehele gebied. Het feit dat deze overstroming in het hoogveenmoeras, dat zich mogelijk tot boven het regionale (grond)waterniveau moet hebben ontwikkeld, kon doordringen kan te maken hebben met een toegenomen getijdeamplitude, een verschijnsel dat zich bij toename van de mariene invloed systematisch lijkt te hebben voorgedaan (zie § 4.2.2 en 4.2.3). Mogelijk lag overigens het hoogveenmoeras niet erg ver boven het regionale grondwaterniveau en kon de mariene invloed reeds bij een geringe toename van het getijdeamplitude in het hoogveencomplex doordringen. De nutriëntenaanvoer die gepaard ging met deze inundaties leidde tot een verstoring van de ideale successie. De snelle overgang van NC-U6 naar oligotroof veen (NC-U7) wijst op een snelle isolatie ten opzichte van het voedselrijke water zodra de mariene invloed in het gebied was verdwenen.

Een vergelijking tussen de studiegebieden

Het meest duidelijke verschil tussen de studiegebieden, voorzover het de veenvorming betreft, is het ontbreken van Elzenbosveen in het studiegebied bij Urk. Dit heeft ongetwijfeld te maken met het feit dat de gemiddelde waterdiepten en de mariene invloed bij Urk groter zullen zijn geweest dan bij Schokland. Het is in dit verband opvallend dat het in het studiegebied Urk al voor de afzetting van Cardium klei tot oligotrofe veenvorming kon komen (laag NC-U5), terwijl dit in het studiegebied Schokland pas plaatsvond na de afzetting van de Cardium klei (laag NC-S6). Dit kan deels samenhangen met de autoecologie van *Sphagnum* soorten die actief Na^+ ionen kunnen uitwisselen tegen H^+ ionen (Overbeck, 1975, p.269; Clymo, 1963, 1973). *Sphagnum* soorten kunnen zich hierdoor al in een vroeg successiestadium in voormalige mariene gebieden vestigen (Westhoff et al., 1971, deel 2, pag. 119). Overigens blijkt dat er zich bij Schokland in de periode na de afzetting van de Jongere Unio klei een fase van versnelde waterspiegelstijging heeft voorgedaan (§ 4.1.6), die een successie naar oligotroof veen

geblokkeerd zal hebben. Het feit dat zich bij Urk in diezelfde periode wel oligotrofe veenvorming kon voordoen suggereert dat de waterspiegelstijging in dat gebied geringer is geweest (zie ook § 3.8 en 4.2.3).

Het type successie in het studiegebied Urk heeft in essentie veel weg van de ideale successie in kustgebieden, terwijl de successie bij Schokland meer aansluit bij het ideaalbeeld voor landinwaarts gelegen gebieden. Het laatste deel van de successie (oligotroof veen op rietveen) is in beide gebieden gelijk en past in het beeld van de geïdealiseerde kustveensequentie waarbij sprake is van een snelle isolatie ten opzichte van voedselrijk water.

2.2.4.2. De Oudere Unio klei

De Oudere Unio klei is alleen aangetroffen in het studiegebied Schokland (NC-S1[Unio-I]). De geul waardoor het sediment werd aangevoerd lag ten zuiden van Urk (fig.2.4) en sedimenthoudend water kon niet tot in het ten noorden van het voormalige eiland gelegen studiegebied doordringen.

In het studiegebied Schokland vond de afzetting van de Oudere Unio klei plaats in een zoetwater-getijdemilieu. Oeverwallen en kommen zijn landinwaarts te vervolgen tot bij het voormalige eiland Schokland. De oeverwallen bereiken een hoogte van - 5.53 m NAP. Voorzover waarnemingen beschikbaar zijn lijkt de Oudere Unio klei het substraat nooit erosief aan te tasten maar zich te conformeren aan het bestaande relief.

2.2.4.3 De Jongere Unio klei

De Jongere Unio klei is in beide studiegebieden aangetroffen. In het studiegebied bij Urk worden de lagen NC-U2[klap] en NC-U3[Unio-II] beiden met deze afzetting gecorreleerd. NC-U2[klap] is daarbij tot afzetting gekomen onder reeds eerder gevormde veenlagen, die zijn gaan drijven in verband met de vorming van de aanvoergeul van de Jongere Unio klei. Uit figuur 2.11 blijkt dat het voorkomen van NC-U2[klap] in hoge mate overeenkomt met dat van NC-U3[Unio-II]. Ten westen van Emmeloord ontwikkelde zich een meer waarin een laag Jongere Unio klei (NC-U3[Unio-II]) werd afgezet met een dikte van over de 4 meter. Aangenomen moet worden dat het tot ontwikkeling komen van een nieuwe geul (met een insnijdingsdiepte tot -14 m NAP) en van een meer in een gebied waar het tot dan toe vooral tot de vorming van een belangrijk pakket veen was gekomen, samenhangt met het optreden van min of meer catastrofale inundaties. Opstuwing van het water, onder meer door stormen, in het "Hauwert-Noordoostpolder bekken zal hierbij een rol hebben gespeeld. Die omstandigheden moeten ook verantwoordelijk zijn geweest voor het gaan drijven van de veenpakketten.

In het studiegebied bij Schokland wordt de Jongere Unio klei vertegenwoordigd door laag NC-S3[Unio-II]. Deze laag is slechts plaatselijk aanwezig, in de omgeving van de toenmalige Vechtdoel. Ten oosten van Schokland wordt in het geheel geen Jongere Unio klei aangetroffen, terwijl de afzetting enkele kilometers meer naar het noordwesten (d.w.z. stroomafwaarts) een dikte van enkele decimeters bereikt in de riviervlakte. Evenals bij Urk kwam het ook hier tot de vorming van oeverwallen. Het gebied bij Schokland vormt daarmee de meest landinwaarts gelegen uitloper van het Vroeg-Subboreale getijdesedimentatiebekken van West-Friesland en het noordelijk Zuiderzeegebied.

2.2.4.4 De Oude Detritus-Gyttja

In beide studiegebieden is het tot afzetting van Oude Detritus-Gyttja gekomen in het voormalige rivier-/geulstelsel (lagen NC-S4[OD-g] respectievelijk NC-U5[OD-g]). In het studiegebied Urk ligt de Oude Detritus-Gyttja op Jongere Unio klei (Laag NC-U3[Unio-II]), in het gebied bij Schokland vult hij een geul op die tot in het Pleistocene substraat is ingesneden. In beide studiegebieden ligt de Oude Detritus-Gyttja erosief op oudere afzettingen, waarbij bij Urk een diepte wordt bereikt tot - 8 m NAP en bij Schokland van -11 m NAP. Omdat aangenomen moet worden dat de Oude Detritus-Gyttja onder zeer rustige omstandigheden in open water tot afzetting is gekomen (Klaar, 1951) leidt e.e.a. tot de conclusie dat de afzetting plaats vond in geulen waarvan de insnijding reeds geruime tijd voor het tot stand komen van de afzetting had

plaats gevonden. Voorzover duidelijk vindt alleen voorafgaand aan de afzetting van de Jongere Unio klei een belangrijke insnijding plaats (tot -14 m NAP bij Urk, zie § 2.2.3.2, laag NC-U3).

2.2.4.5. De Cardium klei

Cardium klei is zowel in het studiegebied Schokland (Laag NC-S5[Cardium]) als in het studiegebied Urk (Laag NC-U6[Cardium]) aangetroffen. Het voorkomen als een min of meer zuivere kleiafzetting is opnieuw gebonden aan de locatie van het voormalige rivierstelsel; lateraal gaat de facies over in kleiig rietveen met een uitwichhoogte op ca -2.40 m NAP. Vooral in het basale deel van de kleiafzetting komen veel schelpen van *Cerastoderma glaucum* (voorheen *Cardium edule*) voor. Direct onder de Cardium klei wordt een mengsel van klei en Oude Detritus-Gyttja aangetroffen: "Cardium detritus". Er ontwikkelden zich tijdens de afzetting van de Cardium klei geen oeverwallen en kommen. De Cardium klei is, gezien de slappe consistentie, in essentie subaquatisch afgezet. Aan de randen van het sedimentatie areaal, zoals bijvoorbeeld op de archeologische opgraving van kavel P-14 kan echter ook licht gerijpte, drooggevalen Cardium klei worden aangetroffen. Daar zijn zelfs stoofkuilen aanwezig in de klei, die vervolgens weer afgedekt zijn door Cardium klei (Ten Anscher, in prep.).

2.2.3.5. De Jonge Detritus-Gyttja

In het gebied bij Urk ligt de Jonge Detritus-Gyttja (laag NC-U7[JD-g]) erosief op oudere sedimenten. De afzetting vond plaats als gevolg van de vergroting van het open water areaal in dit deel van de Noordoostpolder. In het gebied bij Schokland komt een opvulling van Jonge Detritus-Gyttja voor in de reeds bestaande geul (laag NC-S6[JD-g]), later overgroeid door veen. Ten oosten van Schokland kwamen meren tot ontwikkeling waarin dikke pakketten Jonge Detritus-Gyttja tot afzetting kwam (Wiggers, 1955). Het was de ontwikkeling van deze meren die leidde tot het buiten gebruik raken van de geul in het studiegebied Schokland.

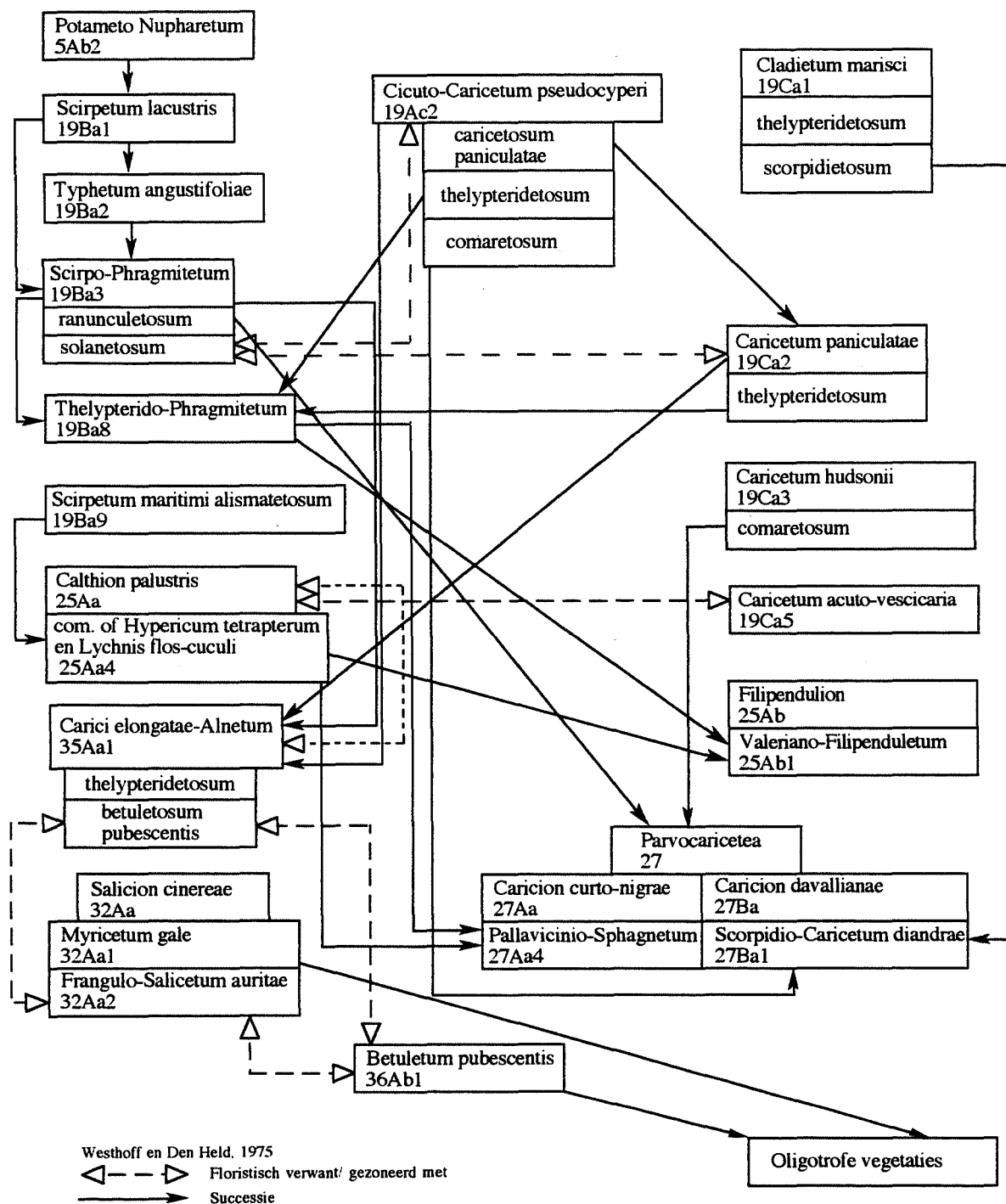
3 Palaeobotanische analyses

3.1 Inleiding

In het studiegebied zijn vier kernen gemonsterd voor gedetailleerd paleobotanisch onderzoek. Alle kernen werden onderzocht op macroresten, terwijl van twee kernen (D56 en Zuidpunt) ook de pollen- en sporeninhoud werd geanalyseerd. De resultaten van deze analyses dragen bij tot een gedetailleerder beeldvorming met betrekking tot de litho- en chronostratigrafische opbouw van de veenpakketten. In veel gevallen waren determinaties tot op het soortniveau mogelijk, waardoor het mogelijk werd om bepaalde palaeobotanische assemblages te vertalen in termen van palaeo-phytocoenoses. Daarnaast vervullen de analyseresultaten een rol als het gaat om het verkrijgen van een goed beeld van de veenvormende vegetatietypen, die tot het ontstaan van de in het veld onderscheiden veentypen (zie § 1.3.1) hebben geleid.

Een belangrijk probleem bij de interpretatie van de analyseresultaten is de vraag in hoeverre het mogelijk en verantwoord is deze te vertalen in termen van heden ten dage voorkomende plantengemeenschappen. Niet uitgesloten kan worden dat recente vegetatie-eenheden in dezelfde vorm in het verleden zijn voorgekomen. Anderzijds ligt het ook voor de hand er zich in het verleden (combinaties van) omstandigheden kunnen hebben voorgedaan die actueel niet optreden; deze kunnen hebben geresulteerd in plantengemeenschappen die afwijken van de huidige. Zo had bijvoorbeeld Menke (1968) in zijn studie over kustnabije veensequenties problemen om zijn "Ried-Spektrum Gruppe" (*Phragmites* pollengroep) in moderne phytosociologische systemen te plaatsen. Zijn belangrijkste conclusie was dat de "Ried-Spektrum Gruppe" een mengassemblage vormt van soorten uit het *Phragmition* (19Ba) en *Molinietalia* (ruderales kruiden, 25A). Het is voorts de vraag of de kentaxa van de moderne phytosociologische eenheden ook deel uitmaakten van overeenkomstige vegetatietypen uit het verleden. Zelfs actueel blijkt bijvoorbeeld *Carex elongata*, een kentaxon van het *Carici elongatae-Alnetum*, niet in Elzen-broekbossen in Noord-West Overijssel en zelden in die van West Nederland voor te komen (Westhoff et al, 1971, blz 141). Het ontbreken van kentaxa maakt de determinatie van de vegetatietypen daarmee tot een hachelijke zaak. De recent voorkomende vegetatietypen moeten in tijdsperspectief worden opgevat als een momentopname. Natuurlijke successie van phytocoenosen en menselijke invloed op vegetaties hebben de uiteindelijke samenstelling van de moderne vegetatietypen bepaald, waarmee in feite ook de moderne classificatiesystemen een ad-hoc karakter hebben. Veranderingen in het milieu, door menselijk handelen of door natuurlijke oorzaken, zullen telkens opnieuw hun weerslag hebben op de samenstelling van vegetatietypen, omdat alle taxa hun eigen specifieke oecologische niche hebben, zelfs binnen een vegetatietype.

Een ander probleem is gelegen in het feit dat kentaxa en differentiërende soorten niet (compleet) in de pollen- en macrorestenassemblages vertegenwoordigd behoeven te zijn. Dit hangt samen met selectie tijdens de sedimentatie van plantaardig materiaal, de mate van zaad-, vrucht- en pollenproductie, de verschillende verspreidingsmechanismen van taxa en verschillen in fossiliseringspotentieel van de diverse macro- en microresten. Sommige zaden of vruchten zijn bijvoorbeeld aangepast aan verspreiding door water of juist door wind (water: *Iris pseudacorus* en *Menyanthes trifoliata*; wind: *Phragmites australis*, *Typha* spec., *Asteraceae*, *Lythrum salicaria*). Hoe dan ook, de meeste zaden en vruchten die in de macrorestenassemblage aanwezig zijn, zullen van lokale dan wel van vrijwel lokale herkomst zijn, omdat hun gewicht en afmetingen lateraal transport en andere vormen van secundaire sedimentatie sterk bemoeilijken (Birks & Birks, 1980). Het meeste pollen dat in veensequenties gevonden wordt is, voorzover het niet door lokale vegetaties is geproduceerd, daarin door wind- en watertransport terecht gekomen. De macrorestenanalyse geeft wat dat betreft een beter inzicht over de lokaal aanwezige vegetatie en kan daarmee een hulpmiddel zijn om de herkomst van pollen te traceren. Verder zijn diverse macroresten en pollentypen niet tot op soortsniveau te determineren (o.a. *Carex* sect. *Acutae*, *C. sect. Rostratae*, *Potentilla* pollentype etc). In deze gevallen moet gekeken worden of andere aanwijzingen kunnen helpen bij verdere specificering van deze taxa. Dit brengt het risico van cirkelredeneringen met zich mee, wanneer daarbij eerst wordt nagegaan welke vegetatietypen mogelijk veenvormend zijn geweest en vervolgens wordt onderzocht of de niet gedetailleerd determineerbare taxa daarin in te passen zijn.



Figuur 3.1 Vegetatiesuccessie volgens Westhoff en Den Held (1975)

Tot slot moet worden opgemerkt dat, wanneer specifieke ecologische omstandigheden veranderen, kentaxa van bepaalde vegetatietypen zich gaan vestigen in andere, floristisch verwante vegetatietypen (Westhoff, 1949). Ook dit kan tot foute interpretaties van de macroresten- en pollenassemblages leiden.

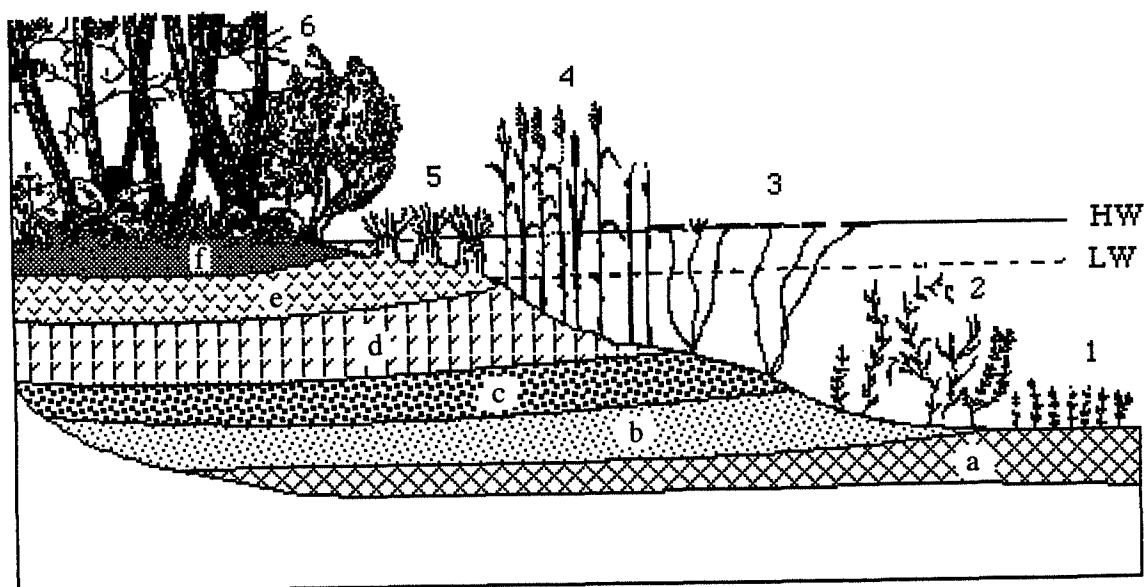
Ondanks de hierboven vermelde onzekerheden is, vooral terwille van het voorstellingsvermogen getracht in dit hoofdstuk de pollen- en macrorestenassemblages te vertalen in termen van moderne phyto-sociologische eenheden (Klasse, Verbond, associatie, etc). De successietabel (fig 3.1; zie ook volgende paragraaf) laat de successionele en floristische relaties tussen de diverse actuele veenvormende vegetatie-eenheden. Voor de hogere planten wordt de nomenclatuur van Van der Meyden et al.(1983) gevolgd en Westhoff en Den Held (1975) voor de naamgeving van phyto-sociologische eenheden (de code achter de naam van de eenheid correspondeert met de code van Westhoff en Den Held).

3.2 Vegetatietypen en successiereksen

Het verlandingsproces van open zoet water naar terrestrische hoogvenen doorloopt enkele fasen. De verschillende fasen hangen samen met verlaging van het grondwaterpeil ten opzichte van het veenoppervlak door voortdurende accumulatie van weinig materiaal. De opeenvolgende fasen zijn lateraal terug te vinden in de zonering van oevervegetaties in gebieden met open water. Overbeck (1975) onderscheidt 6 veenvormende eenheden die elkaar lateraal en in de tijd vanuit open water opvolgen (zie fig.3.2). Van belang is hierbij dat vegetaties van *Phragmites australis*, *Typha* en *Sparganium* (*Phragmition*) voorkomen onder het niveau van de laagwatergrens, de meeste *Carex* soorten (*Magnocaricion*) tussen de laag- en hoogwatergrens en Elzenbroekbos (*Carici elongatae-Alnetum*) net boven de hoogwatergrens.

Westhoff et al. (1971, deel 2) beschrijven successiereksen in eutroof water in de veengebieden van Noord-West Overijssel. Op beschutte plaatsen (lijzijde van open water) begint de verlanding in open water met een vegetatie van *Stratiotes aloides* en *Hydrocharis morsus-ranae* (*Hydrocharito-Stratiotetum*, 5Bb1), die zich kunnen vestigen doordat voortdurend accumulatie van sapropelium de bodem zover heeft opgehoogd dat het milieu geschikt is geworden voor deze soorten. De "echte" verlanding begint onder rustige condities met de vorming van zogenaamde drijftillen. Dit zijn drijvende vegetatiegemeenschappen (*Cicuto-Caricetum pseudocyperus*, 19Ac2) met *Carex pseudocyperus*, *Sium latifolia*, *Cicuta virosa* en soms *Menyanthes trifoliata*, *Alisma plantago-aquatica*, *Stachys palustris*, *Mentha aquatica* en *Galium palustris* ssp. Ze ontstaan doordat de met sapropelium bedekte bodem van open water het oppervlak bereikt, waardoor een kiembod voor drijftilplanten ontstaat, of doordat drijftilplanten kiemen op bijeengedreven plantenresten. Naarmate de drijftil dikker wordt vestigt *Carex paniculata* zich (*Caricetum paniculatae*, 19Ca2). Deze plant vormt hoge horsten en bedekt hiermee samengeklonterde jonge drijftillen. Vaak zijn dan ook *Phragmites australis*, *Peucedanum palustre*, *Lythrum salicaria*, *Lycopus europaeus*, *Mentha aquatica*, *Rumex hydrolapatum* en *Carex acutiformis* aanwezig, terwijl de jonge-drijftilsoorten als *Galium palustris* ssp. en *Cicuta virosa* verdwijnen. Als eerste houtgewassen vestigen vervolgens *Salix cinerea* en *Alnus glutinosa* zich op de *Carex paniculata*-drijftil. In het *Alnus*broekbos (*Carici elongatae-Alnetum*, 35Aa1) dat hierdoor ontstaat komen *Carex paniculata* en *C. acutiformis* horsten nog veelvuldig voor. Op de natte en open plekken tussen de *Carex* horsten en *Alnus* stobben groeien *Thelypteris palustris*, *Alisma plantago-aquatica*, *Solanum dulcamara*, *Iris pseudacorus*, *Rumex hydrolapatum*, *Lycopus europaeus*, *Lythrum salicaria*, *Peucedanum palustre* en *Mentha aquatica*. *Salix cinerea* staat ook op de open plekken samen met *Frangula alnus*. Indien organisch materiaal accumuleert en afbraak achterwege blijft neemt de hoeveelheid beschikbare nutriënten af en treedt er een verarming van het milieu op. Deze verarming veroorzaakt het binnendringen van *Betula pubescens* en *Sphagnum* spec. in de vegetatie (*Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis*, 35Aa1e; *Betuletum pubescentis*, 36Ab1). Doorgaande verzuring en verarming leidt vervolgens tot het ontstaan van *Sphagnum*veen.

Op minder beschutte plaatsen (loefzijde van open water) begint de verlanding niet met drijftillen, omdat voortdurende golfslag drijftilvorming onmogelijk maakt. In open water begint de verlanding met een vegetatie van *Potamogeton lucens* (*Potamogeton lucentis*, 5Aa1) en *Characeae* in water met een diepte van 1 tot 5 meter, naar de oever toe gevolgd door andere *Potamogeton* soorten (met name *Potamogeton natans*) samen met *Nymphaea alba* en *Nuphar*



HW = hoogwatergrens, LW = Laagwatergrens;
 1 = Characeae velden, 2 = Potamogeton gordel, 3 = Waterlelie gordel, 4 = Riet gordel, 5 =
 Magnocaricion gordel, 6 = Elzenbroekbos gordel;
 a = kalkgyttja, b = Fijne detritus, c = Grove detritus, d = Rietveen, e = Zeggeveen, f =
 Elzenbroekbosveen

Figuur 3.2 Verlandingssequentie in eutroof water (naar Overbeck, 1975)

lutea (*Potameto-Nupharetum*, 5Ab2). Waar beide *Nymphaeaceae* kunnen groeien is het milieu al rustiger en meer gestabiliseerd dan in de zone met *Potamogeton lucens*. In feite dragen de nymphaeïden zelf aanzienlijk bij aan de stabilisatie van het milieu in de richting van de oever. Naarmate het milieu rustiger wordt, in de richting van de oever, kunnen kleinere *Potamogeton*-soorten, *Lemna*-soorten en *Spirodela polyrrhiza* zich vestigen. De combinatie van *Lemna*-soorten en *Spirodela polyrrhiza* is ondergebracht in de associatie *Lemno-Spirodeletum* (1Aa1). De eerste niet-waterplanten die in de oeverzone groeien zijn: *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia* en *Phragmites australis* (*Scirpo-Phragmitetum*, 19Ba3). *Scirpus lacustris* groeit in het diepste water, gevolgd door *Typha angustifolia* in nog min of meer open water en *Phragmites australis* in het meest verlande deel van deze vegetatiezone. Ten grondslag aan deze zonering ligt het feit dat *Scirpus* onder water kan kiemen, in tegenstelling tot *Phragmites* die vanaf de oevervegetatie met zijn lange stolonen het open water binnendringt (Westhoff et al., 1971). *Typha angustifolia* prefereert een vrij weke bodem en kan alleen aan de rustige lijkzijde grote velden vormen. In de *Phragmites*-rijke zone komen verder soorten voor als *Ranunculus lingua*, *Rumex hydrolapatum*, *Sparganium erectum* ssp. *erectum*, *Sagittaria sagittifolia*, *Alisma plantago-aquatica*, *Sium latifolia*, *Oenanthe aquatica*, *Iris pseudacorus* en *Acorus calamus*. De verdere successie naar een Elzenbroekbos gevolgd door oligotrofe vegetaties, al dan niet met een tussen fase met *Thelypterido-Phragmitetum* (19Ba8) of *Magnocaricion* (19Ca) vegetaties, verloopt zoals in de successiereeks aan de lijkzijde van open water.

Deze sequenties treden op wanneer de absolute gemiddelde waterstand gelijk blijft, geen grote verticale oppervlakte- en grondwaterbewegingen optreden en externe factoren geen rol van betekenis spelen. In zoetwater-getijdegebieden vindt geen *Alnus*-broekveenvorming plaats, maar zijn diverse *Salix*-soorten dominant in de moerasbossen (Zonneveld, 1960). Hier groeien ze vooral op en langs kleiige oeverwallen. In de kommen komt vaak *Alisma plantago-aquatica* voor. Verder zijn diverse *Scirpus* en *Phragmites* gemeenschappen vertegenwoordigd in de

nattere delen van de kommen en zijn ook drijfzand aanwezig (Zonneveld, 1960). De getijdeinvloed veroorzaakt vaak een totale menging van soorten die bij stagnerende waterstanden nooit gevonden kunnen worden. Veranderingen in de getijde-bewegingen hebben directe invloed op de vegetatie, omdat overspoelingsduur en -frequentie bepalend zijn voor de aanwezige soorten (Zonneveld, 1960). Indien de absolute gemiddelde grondwaterstand gelijk blijft zal door de continue ophoging van oeverwallen en kommen met klei en veen een dergelijk getijdegebied ook steeds meer verlanden. Hiermee zou uiteindelijk een einde aan de getijde-invloed kunnen komen, waardoor successiereeksen in stagnerend water kunnen volgen.

Ook in kustnabije venen zijn de eerder genoemde successiereeksen niet opgetreden. Hier begon de verlanding meestal in een brak milieu met *Phragmites*-vegetaties, die, nadat mariene invloed en de daarmee samenhangende verrijking is geëindigd, snel verarmen (Bakker en Van Smeerdijk, 1982; Witte en Van Geel, 1985). De fase met Elzenbroekbos wordt overgeslagen. In veel gevallen vestigen *Sphagnum*-soorten zich direct in de *Phragmites*-vegetaties (Westhoff et al, 1971, deel 2, pag. 119), soms vooraf gegaan door een fase met *Molinia coerulea*, *Betula spec.* en/of *Myrica gale* (*Betuletum pubescentis* 36Aa, *Molinietalia*, 25A) (Bakker en Van Smeerdijk, 1982; Witte en Van Geel, 1985). Het ontstaan van oligotrofe vegetaties vrijwel direct volgend op eutrofe *Phragmites*-rijke vegetaties hangt dus samen met een snelle isolatie ten opzichte van rijk oppervlakte- en grondwater.

Behalve de vegetatietypen die samenhangen met de genoemde successiereeksen, kunnen nog diverse andere vegetatietypen in laagveengebieden tot ontwikkeling komen. Met name het *Cladietum marisci* (19Ca1), *Thelypterido-Phragmitetum* (19Ba8), ruigtekruiden gemeenschappen (*Filipendulion* (25Ab), *Calthion palustris*(25Aa)) en diverse *Parvocaricetea*-vegetaties (27) hebben deel uitgemaakt van de voormalige vegetatie in de Noordoostpolder. Het *Cladietum marisci* is kenmerkend voor zuurstof- en kalkrijke condities. De kalkrijkdom kan enerzijds veroorzaakt zijn door kalkrijke kwel en anderzijds mogelijk door menging met kalkrijk water uit het kustgebied. Het kentaxon van deze vegetatie, *Cladium mariscus*, kan licht-brak water verdragen onder zuurstof- en kalkrijke condities (Westhoff, 1949). In kwelsituaties met kalkrijk grondwater kunnen uit *Cladietum marisci* of *Phragmition* (19Ba) vegetaties zogenaamde trilveen-vegetaties ontstaan, die ondergebracht zijn in het *Caricion davallianae* (27Ba). Van Wirdum (1991) laat echter zien dat het voorkomen van zogenaamde kwel-indicatoren in trilveenvegetaties eerder samenhangt met de kalkrijkdom die door de kwel kan ontstaan, dan met de kwel zelf. Mogelijkerwijze impliceert dit, dat andere kalkbronnen, zoals marien water, een trilveenachtige vegetatie kunnen hebben veroorzaakt in het verleden. Andere *Parvocaricetea* vegetaties, zoals het *Pallavicinio-Sphagnetum* (27Aa4), kunnen ook verwacht worden in laagveengebieden. Het hele verbond van het *Caricion curto-nigrae* (27Aa), en dus ook het *Pallavicinio-Sphagnetum*, is kalkmijdend. Het *Pallavicinio-Sphagnetum* (27Aa4) ontwikkelt zich bijvoorbeeld via een *Thelypterido-Phragmitetum* vegetatie (19Ba8) uit *Phragmition*-vegetaties, als door afbranden of maaien opslag van bomen en struiken wordt verhinderd en een zekere verarming optreedt. Door ophoping van strooisel in vegetaties kunnen verder nog diverse ruigtekruiden-vegetaties optreden. De individuele soorten uit deze gemeenschappen komen vaak voor in *Phragmites*-rijke vegetaties en zijn dan dus indicatief voor accumulatie op de venige bodem van strooisel of aanspoelgordels.

Voor wat *Alnus*-rijke vegetatie betreft onderscheiden Westhoff en Den Held (1975) twee vegetatieeenheden waarin *Alnus* dominant is: *Alnion glutinosae* (verbond 35Aa) en *Alno-Padion* (verbond 38Aa). Het *Alnion glutinosae* is karakteristiek voor het eindstadium van een verlandingsreeks in voedselrijk, stilstaand of langzaam en regelmatig stromend water, op zure tot zwak zure, meso- tot eutrofe laagveengrond. De ondergroei is betrekkelijk soortenarm. Verder zijn grondwaterstanden van iets onder tot iets boven het oppervlak normaal. Hierin ondergebracht is de associatie *Carici elongatae-Alnetum*, die veel soortenrijker is (bijvoorbeeld *Lythrum salicaria*). Deze associatie groeit in de regel op veengrond, maar ook op venige zandgrond. Het grondwater vertoont enige variatie in niveau, van iets onder tot iets boven het oppervlak, en is zwak zuur en matig voedselrijk. De associatie wordt gezien als een eindstadium van een hydroserie in eutroof water. Het *Alno-Padion*, dat rijk aan ruigtekruiden is, komt voor op jonge voedselrijke minerale gronden, die zwak zuur tot basisch zijn. Het *Alno-Padion* staat periodiek onder water of onder invloed van verticaal variërend grondwater. Aan de oppervlakte vindt directe afbraak plaats van afgevalen loof, zodat geen veen- maar wel humusvorming optreedt (Westhoff en Den Held, 1975). Gezien het bovenstaande is het het meest

waarschijnlijk dat de resten van *Alnus* in onze secties representatief zijn voor *Alnion glutinosae* (*Carici elongatae*-*Alnetum*) vegetaties.

3.3 Progressieve en retrogressieve hygroserie

De in § 3.2 behandelde verlandingsreeksen zijn alle gefundeerd op de premisse dat externe invloeden op vegetatie en milieu minimaal of afwezig zijn tijdens het verlandingsproces. De opeenvolgende vegetatieovergangen die tijdens de successie onder dergelijke omstandigheden kunnen optreden, vallen onder de noemer "progressieve hydroserie". De aard van de progressieve hydroserie is afhankelijk van de lokale omstandigheden ter plekke van de verlanding. In § 3.2 zijn 4 successiereeksen behandeld. Daaruit blijkt dat onder eutrofe condities de progressieve hydroserie in open water aan loef- en lijzijde verschilt. Ook onder invloed van kwel of in de kustnabije wateren treedt een ander progressieve hydroserie op. Er kan in elk geval van worden uitgegaan, dat de uit de palaeobotanische analyse afgeleide vegetatieovergangen die in een progressieve hydroserie passen een aanwijzing vormen voor verlanding en successie. Verlanding kan pas plaatsvinden als de netto organische productie in de vegetatie (accumulatie minus afbraak) niet trager verloopt dan de stijging van het grondwaterpeil. Vindt er daarentegen een vegetatieovergang plaats die niet in een progressieve hydroserie past of die een aantal stappen in de progressieve hydroserie overslaat, dan kan er sprake zijn van externe invloed op het milieu en de vegetatie. Als de vegetatieovergang leidt tot een vegetatietype dat karakteristiek is voor een eerder stadium in de verlandingsuccessie, dan kan van een "retrogressieve hydroserie" worden gesproken. Zulke overgangen zijn bijvoorbeeld het ontstaan van *Phragmites*-vegetaties in een oligotrofe vegetatie en de overgang van Elzenbroekbos naar *Carex pseudocyperus*-vegetaties. Vegetatieovergangen uit een retrogressieve hydroserie zijn dus karakteristiek voor veranderingen in het milieu, zoals verrijking en vernatting. Bijna alle palaeobotanisch vastgestelde vegetatieovergangen passen in hetzij de progressieve hetzij de retrogressieve hydroserie. Andere afwijkingen van deze hydroseries, zoals het ontstaan van vegetaties uit zoetwater-getijdemilieu's, kunnen ook geïnterpreteerd worden als een afwijking van de ontwikkeling van de progressieve hydroserie en wijzen dus op veranderende externe milieu-invloeden.

3.4 Datapresentatie

De paleobotanische analyseresultaten zijn opgenomen in appendix A. Bij de naamgeving van de verschillende palaeobotanische (sub)zones is uitgegaan van de in hoofdstuk 2 toegepaste lithostratigrafische indeling. De belangrijkste palaeobotanische eenheden worden aangeduid door een code voor de betreffende kern, gevolgd door een code voor de zone. De zonecodering sluit zoveel mogelijk aan bij de codering van de lithostratigrafische eenheden (S1 t/m S6; U1 t/m U7), waardoor een snelle vergelijking mogelijk wordt. In het studiegebied Schokland vallen de paleobotanische en lithostratigrafische indelingen vanaf palaeobotanische zone S5 (*Betula/Myrica* veen) echter niet meer samen, omdat in het veld geen equivalent van zone S5 is onderscheiden. Paleobotanische subzones worden aangegeven door toevoeging van een letter aan de zonecode (bijvoorbeeld: Subzone D56-U3a is de palaeobotanische subzone in kern D56 bij Urk, die te correleren valt met een deel van lithostratigrafische eenheid NC-U3). Voorzover mogelijk zijn schattingen van de ouderdom van de verschillende zones en subzones vermeld. Deze zijn gebaseerd op lineaire interpolatie van de in de verschillende kernen beschikbare C-14 dateringen (voor nadere toelichting zie § 3.5.3.). Een overzicht van de diverse plantengemeenschappen die uit de verschillende (sub)zones zijn afgeleid is weergegeven in de figuren 3.3, 3.4, 3.5 en 3.6. Terwille van de overzichtelijkheid wordt in dit hoofdstuk het resultaat van het paleobotanisch onderzoek gepresenteerd in termen van vegetatietypen en de daarmee samenhangende milieufactoren (de verantwoording van de interpretaties wordt gegeven in appendix A). De resultaten van het onderzoek aan de drie kernen uit het studiegebied Schokland worden daarbij gezamenlijk behandeld, hetgeen resulteert in de beschrijving van een aantal ontwikkelingsfasen voor het studiegebied. Een en ander is gebaseerd op litho- en chronostratigrafische correlatie van de kernen onderling (zie § 2.2.4.1 en § 3.5), waarbij aangetekend wordt dat de chronostratigrafische correlatie niet zonder problemen is (zie § 3.5.3). De naamgeving van de onderscheiden fasen verloopt parallel aan die van de diverse

palaeobotanische zones. Elke fase wordt aangeduid met een code voor het deelgebied (respectievelijk: Urk en Sch), gevolgd door een nummer dat correspondeert met dat van de overeenkomstige palaeobotanische zone (en dus i.h.a. ook met dat van de overeenkomstige lithostratigrafische eenheid). Tevens zijn waar relevant subfasen onderscheiden, aangegeven door toevoeging van een letter aan de fasecode (bijvoorbeeld: subfase Sch-4a). De samenstelling van de veenvormende vegetatie in de verschillende (sub)fasen en de milieucondities en -factoren tijdens die (sub)fasen zijn weergegeven in de figuren 3.7, 3.8 en 3.9. Voorafgaande aan de beschrijving van de ontwikkeling in de beide studiegebieden tijdens de opeenvolgende fasen (§ 3.6 en § 3.7) wordt in § 3.5 eerst het chronologisch kader van de verschillende palaeobotanische (sub)zones uitgewerkt. In § 3.8 wordt tenslotte de ontwikkeling in de twee studiegebieden onderling vergeleken.

3.5 Chronostratigrafie

3.5.1 Inleiding

Het chronologisch kader voor het paleobotanisch onderzoek wordt verschaft door een 20-tal C-14 dateringen van monsters afkomstig uit de drie kernen uit het studiegebied Schokland en 7 dateringen uit een kern uit het studiegebied Urk. De ouderdomsbepalingen werden verricht door het Centrum voor Isotopenonderzoek van de Rijksuniversiteit te Groningen. De monsters zijn afkomstig van niveau's waarop blijkens de palaeobotanische analyse belangrijke veranderingen in de veenontwikkeling plaatsvonden. Met behulp van de dateringen en de daarop gebaseerde chronostratigrafische correlatie van de drie kernen uit het studiegebied Schokland is het tevens mogelijk tijdslijnen te trekken in de dwarsprofielen uit dit studiegebied. De dateringen in de drie kernen in het Schokland gebied zijn opgenomen in tabel 1 en in appendix B.

Tabel 1 C-14 dateringen uit de palaeobotanische kernen in het studiegebied Schokland (zie ook appendix B).

<u>Monster</u>	<u>ZP</u>	<u>SRW1</u>	<u>OEW</u>
Basis Zone S1	5820 +/- 60		
Basis Subzone ZP-S1d	5560 +/- 60		
Midden Subzone SRW-S1b		5380 +/- 50	
Basis Zone S2	5080 +/- 40		
Top goed geconserveerd veen	4980 +/- 40	4760 +/- 60	
Top Zone S2			5030 +/- 40
Basis Zone S3	4695 +/- 40	4700 +/- 70	
Top Zone S3	4435 +/- 40	3990 +/- 70	
Natste fase Zone ZP-S4	4130 +/- 35		
Basis Zone S5	3860 +/- 30	3630 +/- 60	3805 +/- 45
Basis Zone S6		3660 +/- 60	
Top Zone S6			3455 +/- 40
Basis Zone S7	3350 +/- 50	3195 +/- 50	2005 +/- 35
Top Zone S7			1675 +/- 45

3.5.2 Datering van de palaeobotanische zones

3.5.2.1 Schokland

Zone S1 (laag NC-S1)

De initiële veengroei op het Pleistocene substraat is alleen in de ZP kern gedateerd en heeft daar een ouderdom van 5820 +/- 60 BP (GrN 16251). De ouderdom van de top van zone S1 kan herleid worden uit de datering van de basis van zone S2 in de ZP kern. Hieruit blijkt dat de ontwikkeling van zone S1 in het zuidelijk deel van het Schokland studiegebied voor 5080 +/- 40

BP (GrN 16249) tot een einde is gekomen. Zone S1 en daarmee laag NC-S1 is dus gevormd tot ca 5100 BP. Verder is in de ZP kern een *Carex*-rijke laag gedateerd (5560 +/- 60 BP, GrN 16250), die ingeschakeld is in het broekveen van zone ZP-S1 en tevens de overgang naar meer *Alisma plantago-aquatica*-rijk broekveen vormt. Blijkens de palaeobotanische analyse kan het broekveen uit zone SRW1-S1 ook worden onderverdeeld in een *Alisma plantago-aquatica*-arm onderste deel en een *Alisma plantago-aquatica*-rijk bovenste deel (SRW1-S1a/b). Uit een datering van het midden van het *Alisma*-rijke deel van zone SRW1-S1 (5380 +/- 80, GrN 16374) blijkt dat deze overgang voor 5400 BP moet hebben plaatsgevonden. Dit is niet in tegenspraak met de datering van de basis van de *Alisma*-rijke laag in de ZP kern.

Zone S2 (laag NC-S2)

Tijdens de vorming van zone S2 komen overal in het studiegebied Schokland uitgestrekte *Carex*-venen voor, die op een sterk verhoogde gemiddelde grondwaterstand wijzen (zie § 3.7.5 en appendix A). In alle geanalyseerde kernen is dit niveau bemonsterd voor C-14 analyse. Uit de palaeobotanische analyses blijkt de zone globaal in twee delen te verdelen. Het onderste deel bestaat uit zeer goed geconserveerde *Menyanthes*-rijke *Carex*-venen, terwijl de top bestaat uit minder goed geconserveerde *Carex*-lagen, al dan niet met *Menyanthes trifoliata*. De goed geconserveerde laag is in de ZP kern gevormd tussen 5080 +/- 40 BP (GrN 16249) en 4980 +/- 40 BP (GrN 16248). De top van het goed geconserveerd *Menyanthes*-rijk *Carex*-veen is in de SRW-1 kern gedateerd op 4760 +/- 60 BP (GrN 16375). De basis van zone S3, en daarmee de top van zone S2, is gedateerd op 4695 +/- 40 BP (GrN 16247) (ZP), 4700 +/- 70 BP (GrN 16376)(SRW1) en 5030 +/- 40 BP (GrN 17153) (OEW). De datering van de top van zone S2 in de OEW kern wijkt af van die in de twee overige kernen. Dit kan verklaard worden door de positie van de OEW kern in de nabijheid de voormalige rivier de "Vecht". Omdat OEW-S3 uit open water afzettingen (detritus) bestaat kon de *Carex*-veengroei in het rivierdal kennelijk de snelle grondwaterstijging in deze fase niet bijhouden of maakte een verhoogde dynamiek verdere veenvorming onmogelijk (zie subzone OEW-S3a in appendix A en § 3.7.5). De datering van de top van het *Menyanthes*-veen in de SRW1 kern (4760 BP) lijkt aan de jonge kant. Op grond van lineaire interpolatie tussen de omliggende dateringen (GrN 16374 en GrN 16376) kan de ouderdom van dit niveau op rond 4935 BP geschat worden, hetgeen beter zou aansluiten bij de datering van het *Menyanthes*-rijke deel van zone S2 in de ZP kern. Het lijkt daarom waarschijnlijk dat voor de datering van 4760 +/- 60 BP een waarde aan de oude zijde van het waarschijnlijkheidsbereik moet worden toegekend. De dateringen (ZP, SRW1 kern) van de top van zone S2 stemmen goed overeen; ze maken aannemelijk dat de overgang van *Carex*-venen naar de *Alnus*-rijke venen uit zone S3 min of meer synchroon verlopen is in dat deel van het studiegebied Schokland dat buiten het riviersysteem lag. Zone S2 is dus gevormd tussen ca 5100 en 4700 BP en de goed geconserveerde *Menyanthes*-rijke *Carex*-veenlaag tussen 5100 en 4900 BP.

Zone S3 (laag NC-S3)

De basis van zone S3 is gedateerd op 4695 +/- 40 BP (GrN 16247) (ZP), 4700 +/- 70 BP (GrN 16376)(SRW1) en 5030 +/- 40 (GrN 17153, OEW). De synchroniteit van het begin van zone S3 buiten het riviersysteem lijkt duidelijk. De overgang van zone S3 naar S4 is in de SRW1 kern gedateerd op 3990 +/- 70 BP (GrN 16377). Een datering uit het bovenste deel van zone ZP-S3 (4435 +/- 40 BP, GrN 16246) suggereert, dat het einde van de vorming van zone ZP-S3 kort na 4400 BP plaatsvond. Lineaire interpolatie van de dateringen laat zien dat het einde van de vorming van zone ZP-S3 rond 4230 BP en van zone OEW-S3 rond 4295 BP moet worden geplaatst. Zone S3 is dus gevormd tussen ca 4700 BP en, afhankelijk van de lokatie, ca 4300 tot 4000 BP.

Zone S4 (laag NC-S4)

De ouderdom van de top van zone S4 kan alleen worden herleid uit de dateringen van de basis van zone S5, die in de ZP kern is gedateerd op 3860 +/- 30 BP (GrN 16244), in de SRW1 kern op 3630 +/- 60 BP (GrN 16378) en in de OEW kern op 3805 +/- 45 BP (GrN 17154). In de ZP kern is verder een monster gedateerd, dat de natste fase uit zone ZP-S4 representeert (4130 +/- 35 BP, GrN 16245). De ouderdom van de basis van zone SRW-S5 is duidelijk afwijkend van de overige dateringen van de basis van zone ZP-S5 en lijkt niet representatief voor de werkelijke ouderdom van deze vegetatieovergang (zie zone S5; hieronder). Verder blijkt dat de

vorming van zone S4 in de ZP kern eerder is begonnen (voor 4130 BP) dan in de SRW1 kern (na 3990 BP). Samenvattend is zone S4 in de ZP kern gevormd tussen ca 4230 en 3860 BP, in de SRW1 kern na 3990 BP en in de OEW kern tussen ca 4295 en 3805 BP.

Zone S5 (laag NC-S5)

De basis van zone S5 is gedateerd in drie kernen (ZP: 3860 +/- 30 BP (GrN 16244); OEW : 3805 +/- 45 BP (GrN 17154); SRW1: 3630 +/- 60 BP (GrN 16378)). De dateringen in de OEW kern en de ZP kern stemmen behoorlijk overeen. De datering in de SRW1 kern, die belangrijk jonger uitvalt, is hoogstwaarschijnlijk foutief. Het dateringsresultaat van 3630 +/- 60 BP is zelfs jonger dan dat van een monster uit de basis van zone S6 in dezelfde kern (3660 +/- 60 BP). Zone S5 is in de SRW1 kern met *Phragmites*- en *Carex*-wortels doorgroeid. Bij de preparatie van het monster voor datering zijn de grote rietresten weliswaar verwijderd, maar kennelijk is de contaminatie met kleinere wortels zodanig dat de datering overeenkomst vertoont met de ouderdom van de basis van de bovenliggende zone S6. Op grond van interpolatie vanuit de omliggende dateringen kan de basis van zone SRW-S5 gedateerd worden op ca 3775 BP (zie § 5.3.3). Dit resultaat sluit beter aan bij de dateringen van de basis van zone S5 in de overige kernen. Zone S5 zal dus gevormd zijn na ca 3860/3800 BP.

Zone S6 (laag NC-S6)

De vorming van zone S6 is in de SRW1 kern aangevangen rond 3660 +/- 60 BP (GrN 16379). De bovenkant van de zone is in de OEW kern gedateerd op 3455 +/- 40 BP (GrN 17133) en bestaat daar uit de top van een *Phragmites*-rijke veenlaag die samenhangt met de sedimentatie van de Cardiumklei (NC-S6[Cardium]). De ouderdom van de top van zone S6 kan in de ZP en SRW1 kernen worden afgeleid uit de dateringen van de basis van zone S7 (resp. 3350 +/- 50 BP, GrN 16243, en 3195 +/- 50 BP, GrN 16380). Hierbij gaat het in beide gevallen om oligotroof veen en het is dus waarschijnlijk dat voor 3350 BP de rietveenvorming tot een einde was gekomen. Zone S6 is dus gevormd van ca 3650 tot 3450 BP of iets jonger.

Zone S7 (laag NC-S7)

De basis van zone S7, en daarmee het begin van langdurige hoogveenvorming, is in de ZP kern gedateerd op 3350 +/- 50 BP (GrN 16243) en in de SRW1 kern op 3195 +/- 50 BP (GrN 16380). In de OEW kern vindt de echte hoogveenvorming pas na 2005 +/- 35 BP (GrN 17132) plaats, hoewel hier direct na het einde van zone S6 (3455 +/- 40 BP (GrN 17133)) een matig voedselarme *Myrica*-vegetatie ontstaat. Het einde van de hoogveenvorming is in de OEW kern gedateerd op 1675 +/- 45 BP (GrN 16383). De overspoeling van het veengebied met kleihoudend materiaal zal, althans hier, dus aan het einde van de Romeinse tijd zijn begonnen. Samenvattend: de vorming van zone S7 is kort na 3450 BP begonnen, hoewel er lokaal pas na ca 2000 BP hoogveenontwikkeling plaatsvond. Na 1650 BP begint in het studiegebied Schokland een einde aan de hoogveenvorming te komen.

3.5.2.2 Urk

Zone D56-U1

Uit de D56 kern zijn in totaal 7 monsters gedateerd die representatief zijn voor belangrijke overgangen tijdens de vegetatieontwikkeling ter plaatse (zie appendix B). De basis van het veen dat op het Pleistocene substraat tot ontwikkeling kwam (zone D56-U1) blijkt een ouderdom te hebben van 5970 +/- 60 BP (GrN 16258). De ouderdom van de top van zone D56-U1 is niet vastgesteld, maar kan door interpolatie van de beschikbare dateringen worden geschat op ca 5735 BP.

Zone D56-U2

Uit het bovenste deel van het *Cladium*veen dat gedurende deze fase tot ontwikkeling zijn twee monsters gedateerd, respectievelijk aan de basis en de top van het goed geconserveerde deel van zone D56-U2. Het bovenste monster (4930 +/- 60 BP, GrN 16256) levert weliswaar een hogere ouderdom op dan het onderste monster (4830 +/- 70 BP, GrN 16257), maar binnen de marges van het 95% waarschijnlijkheidsbereik (4970 - 4810 BP) behoeft er van het verwerpen

van een van beide dateringen geen sprake te zijn. Aangenomen wordt dat de vorming van zone D56-U2 rond 4900 BP ophield.

Zone D56-U3

Het einde van de vorming van zone D56-U3 kan worden afgeleid uit de datering van een monster uit de basis van D56-U4 (4380 +/- 60 BP, GrN 16255). Hieruit blijkt dat de vorming van zone D56-U3 reeds voor ca 4400 BP geëindigd moet zijn. Door interpolatie van dateringen is een ouderdom van 4425 BP verkregen.

Zone D56-U4

Uit de datering van een veenmonster uit de basis van zone D56-U5 (4000 +/- 60 BP, GrN 16254) blijkt dat de vorming van zone D56-U4 reeds voor 4000 BP moet zijn beëindigd. Interpolatie van de dateringen levert een ouderdom op van 4055 BP voor de top van deze zone. Zone D56-U4 is dus gevormd tussen ca 4425 en 4055 BP.

Zone D56-U5

Zoals aangegeven bij zone D56-U4 begon de vorming van zone D56-U6 reeds voor 4000 BP. Het einde van deze fase is niet gedateerd. Interpolatie van dateringen levert een ouderdom op van ca 3635 BP voor de top van de zone.

Zone D56-U6

Uit deze zone zijn twee monsters genomen die voor datering in aanmerking kwamen. De top van het geïnundeerde veen werd gedateerd op 3560 +/- 70 BP (GrN 16253), terwijl de overgang van *Phragmites*veen naar oligotroof veen een ouderdom opleverde van 3400 +/- 60 BP (GrN 16252). De vorming van D56-U6 is dus na 3400 BP tot een einde gekomen.

Zone D56-U7

Zoals uit de datering van de top van zone D56-U6 kan worden afgeleid is de vorming van oligotroof veen begonnen na 3400 BP. Het einde van de veenvorming is blijkens de bestaande literatuur in de vroege middeleeuwen te plaatsen (Wiggers, 1955).

3.5.2.3 Vergelijking met bekende dateringen

Er zijn uit de literatuur slechts enkele dateringen uit de Noordoostpolder en aangrenzend Oostelijk Flevoland bekend (zie met name Ente et al. 1986). In het algemeen komen deze goed overeen met de in dit werk gepubliceerde dateringen, met name waar het gaat om de ouderdom van de zogenaamde Cardium fase. Bij Schokland valt deze fase in zone S6 (NC-S6) die hierboven werd gedateerd tussen 3650 en 3450 BP of iets jonger. De vorming van hoogveen op deze afzettingen begon blijkens de dateringen na ca 3200 BP. Wiggers (1955) publiceerde een datering van de *Phragmites*-rijke veenlaag uit deze fase op Schokland, die een ouderdom had van 3315 +/- 90 BP (GrN 377). Bij Urk vond blijkens het huidige onderzoek de vorming van een eutrofe veenlaag uit deze fase (D56-U6) plaats tussen 3635 en 3400 BP. Wiggers dateerde dezelfde veenlaag op 3505 +/- 120 (GrN 378). Verder is uit de Cardium fase nog een datering van tweepleppige schelpen van *Cerastoderma glaucum* (voorheen *Cardium edule*) bekend, met een ouderdom 3920 +/- 60 BP (GrN 10623; Ente et al., 1986). Deze schelpen zijn afkomstig uit de basis van meersedimenten uit het noordwesten van de Noordoostpolder. Gezien de onzekerheden die kleven aan de datering van brakwaterschelpen (o.a. Mook & Van de Plassche, 1986) is het onduidelijk in hoeverre dit resultaat representatief zou zijn voor vroege mariene invloed in delen van het IJsselmeergebied. Met betrekking tot de Jongere Unio klei fase zijn twee dateringen gepubliceerd van het veen dat deze kleilaag afdekt. De ouderdommen van (4630 +/- 90 BP, GrN 5391; 4370 +/- 40 BP, GrN 5349; Zagwijn, 1973) laten zien dat ten noorden van Tollebeek het tijdens de Jonge Unio klei fase onstane open water tussen 4630 en 4400 dichtgroeide met veen. Uit de D56 kern blijkt dat na ca 4625 BP de mariene invloed snel verminderde in het onderzoeksgebied bij Urk en dat er rond ca 4300 BP nog sprake was van enige invloed van marien water (*Foraminifera* in D56-U4). De dateringen in de D56 kern komen dus goed overeen met de bestaande gegevens. Recent is verder een viertal dateringen beschikbaar gekomen van eiken, afkomstig van de top van de oeverwalafzetting uit de Oudere

Unio klei fase bij Urk (Menke en Lenselink, 1991). Twee conventionele dateringen geven een ouderdom van respectievelijk 5290 +/- 40 (GrN 16706) en 5280 +/- 40 BP (GrN 16707), terwijl twee versnellerdateringen een ouderdom van respectievelijk 4960 +/- 80 (UTC-Nr. 1638) en 5110 +/- 40 BP geven (UTC-Nr. 1639). Uitgaande van de conventionele dateringen en een ouderdom van de eiken van maximaal een eeuw zal de sedimentatie van de klei op de oeverwallen na ca 5400 BP snel zijn afgenomen. Voorts is een datering bekend van de bovenkant van de Hollandveensequentie op het voormalig eiland Schokland. Hieruit blijkt dat de veenvorming daar rond 1200 +/- 50 (GrN 7480; Ente et al., 1986) tot een einde is gekomen. Uit de gegevens van de OEW kern blijkt dat daar de veenvorming na 1675 BP van karakter veranderde, snel gevolgd door de sedimentatie van klei op het veen. In de loop van de Vroege Middeleeuwen heeft de kleis sedimentatie op het veen zich blijkbaar steeds verder uitgebreid, mogelijk tijdens een aantal afzonderlijke afzettingsfasen.

In de polder Oostelijke Flevoland is met name aandacht geschonken aan de datering van de Oudere Unioklei fasen aldaar. Het einde van de sedimentatie van deze klei wordt daar rond 5250 BP geplaatst (GrN 7504; Ente, 1976). Tijdens de huidige studie is geen veen gedateerd dat direct op de Oudere Unioklei afzettingen ligt. Op grond van de uitwighoogte van de komkleien uit deze fase bij Schokland (ca -6.00 meter NAP), in combinatie met gegevens over de lokale grondwaterstand (zie § 4.1.6) kan wel worden afgeleid dat in de Noordoostpolder rond 5300 BP een einde aan de sedimentatie van de Oudere Unioklei moet zijn gekomen.

3.5.3 Interpolatie van C-14 dateringen

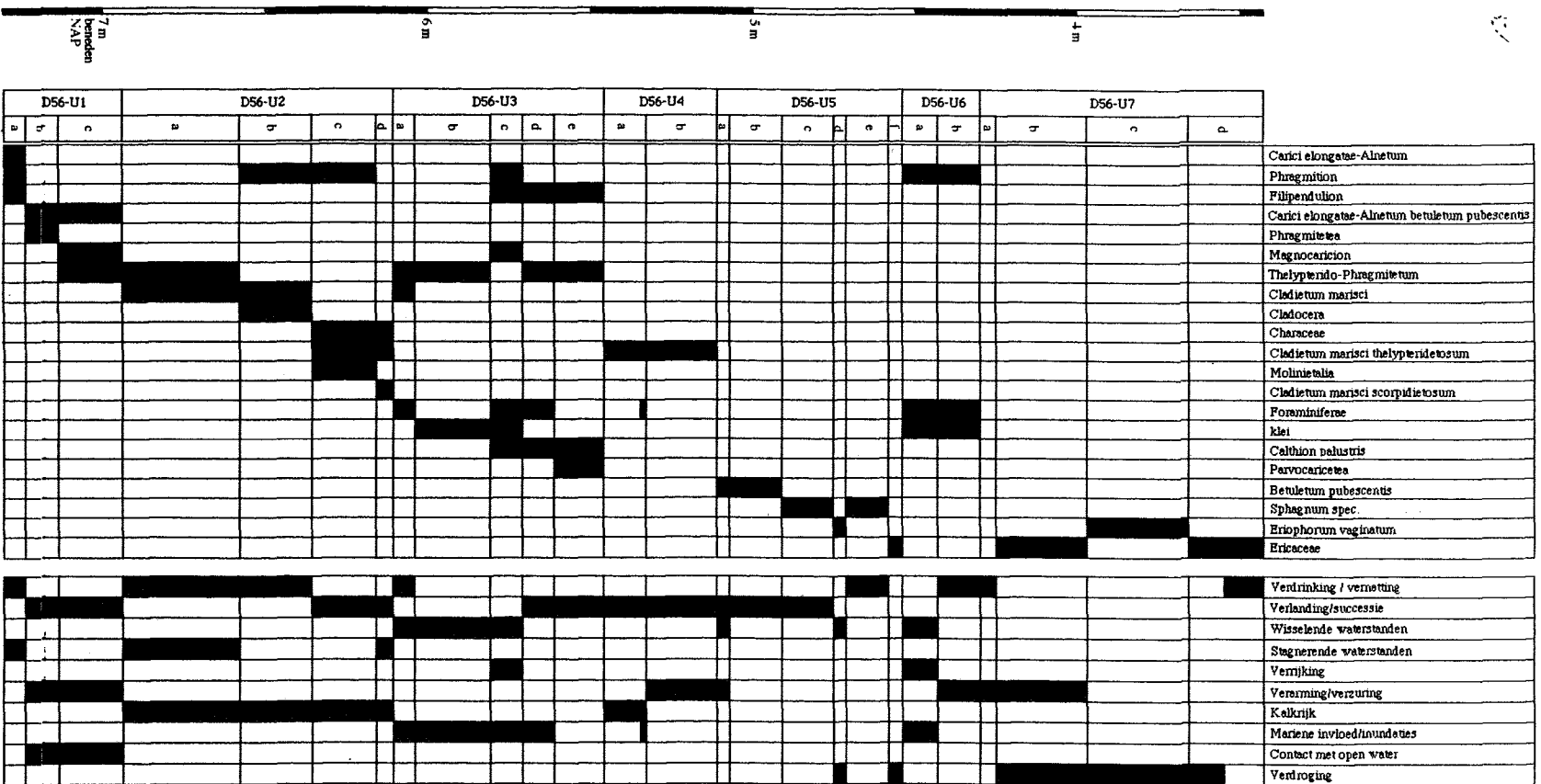
Door de lineaire interpolatie van de dateringen in de verschillende palaeobotanisch onderzochte kernen is het mogelijk om de ouderdom van de onderscheiden palaeobotanische (sub)zones te benaderen. Het gaat hier uiteraard om een globale benadering. Uit gegevens over het verloop van de percentages toegevoegde "marker" (*Lycopodia*), die een maat voor de pollenconcentratie vormen, in de paleobotanisch onderzochte kernen (zie pollengrafieken) blijkt dat er, zoals te verwachten was, in feite geen sprake is van een lineaire verdeling van de veengroei tussen de verschillende gedateerde niveaus. De foutenmarges die hierdoor optreden in de geschatte ouderdommen van de zonegrenzen zullen in het algemeen de +/- 120 C-14 jaar te boven gaan. Het feit dat verschillende palaeobotanische fasen vaak minder dan 200 C-14 jaar duren illustreert de beperkingen van de benadering, die niettemin qua orde van grootte wel bruikbare resultaten oplevert (figuren 3.7, 3.8 en 3.9). Op grond van dit beeld kunnen ook uitspraken gedaan worden over de ligging van tijdslijnen in de dwarsprofielen.

3.6 Het studiegebied Urk

3.6.1 Inleiding

Ten noorden van het voormalig eiland Urk is een kern bemonsterd voor pollen- en macrorestenanalyse en voor het verkrijgen van monsters voor C-14 datering. De kern maakt deel uit van de boorsectie D56 (zie fig. 1.3). De lokatie is gekozen vanwege de ligging in de nabijheid van een voormalige geul en omdat alle in het veld onderscheiden stratigrafische eenheden in de kern vertegenwoordigd zijn. De kern levert enerzijds data op voor de chronostratigrafische correlatie met het studiegebied Schokland en anderzijds gedetailleerde gegevens over de veenvormende vegetatietypen in het studiegebied Urk. In hoofdstuk 2 werd reeds aangegeven dat de lithostratigrafische opbouw van beide deelgebieden belangrijke verschillen vertoont, in samenhang met de positie ten opzichte van de mariene invloedsfeer en het Pleistocene achterland.

De Urk kern laat een sequentie zien waarin *Cyperaceae*-venen afwisselen met *Phragmites*-venen, terwijl er uiteindelijk een oligotrofe hoogveenvegetatie ontstaat, nadat de verrijkende werking van het nabijgelegen geulensysteem tot een einde is gekomen. Zone D56-U1 wordt gekenmerkt door de resten van *Alnus* en *Betula*. In zone D56-U2 is *Cladium mariscus* dominant vertegenwoordigd, terwijl zone D56-U3 voor het grootste deel uit kleirijk *Phragmites*-veen is opgebouwd. Het veen in zone D56-U4 wordt opnieuw door *Cladium*-resten gedomineerd, gevolgd door een fase (D56-U5) met taxa die indicatief zijn voor voedselarme



Figuur 3.3 Vegetatiesuccesie D56-kern

hoogveenvegetaties. Hierop volgt opnieuw een zone waarin *Phragmites*-resten, nu samen met een zeer hoog aantal zoutwater indicatoren, in grote hoeveelheden aangetroffen zijn (D56-U6). Tot slot bestaat het veen uit zone D56-U7 opnieuw voor het overgrote deel uit indicatoren voor oligotrofe condities.

3.6.2 fasen

Fase Urk-1 (voor 5930-5735 BP) Broekbosveen en *Phragmites-Carex*veen

De opeenvolging van vegetatietypen, die uit de pollen- en macrorestenanalyses is afgeleid, en van de met de vegetatieovergangen samenhangende invloeden op het milieu zijn weergegeven in figuur 3.3 en 3.8. Hieruit blijkt dat aanvankelijk een Carici elongatae-Alnetum/Phragmition vegetatie tot ontwikkeling kwam op het pleistocene substraat (subzone D56-U1a). In de hierop volgende subzones (D56-U1b/D 56-U1c) neemt *Betula* de rol over van *Alnus* in de vegetatie (Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis), terwijl dan tevens taxa uit Magnocaricion/Thelypterido-Phragmitetum vegetaties aanwezig zijn (vooral in subzone D56-U1c). Tijdens deze ontwikkeling vond in toenemende mate contact met dieper open water plaats of breidde het aandeel open water zich geleidelijk rond de monsterlokatie uit, blijkens de vertegenwoordiging van taxa uit het Hydrocharito-Stratiotetum en Potameto-Nupharetum, terwijl tevens accumulatie en afbraak van organisch materiaal is opgetreden (ruderaal kruiden). De vegetatieovergang van *Alnus*-rijke (Carici elongatae-Alnetum) naar *Betula*-rijke (Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis) vegetaties wijzen op enige successie, gepaard aan een lichte verarming van het milieu. De vegetatieovergang in de natte delen van deze moerasbosvegetatie van Phragmition naar Magnocaricion/Thelypterido-Phragmitetum vegetaties kan ook gemakkelijk als gevolg van successie worden verklaard, maar omdat laatstgenoemde vegetaties zich met name manifesteren in een fase waarin *Betula* zich uit de vegetatie terugtrekt, kan de vegetatieovergang ook indicatief zijn voor de geleidelijke verdrinking van de *Betula* vegetaties. Verder zijn Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis vegetaties karakteristiek voor stagnerende verticale grondwaterbewegingen (Westhoff en Den Held, 1975) en zal de toename van openwater-indicatoren dus primair aan een vergroot oppervlak open water te wijten zijn. De vegetatie heeft blijkbaar een mozaïek-achtige structuur gehad, waarbij de oppervlakte van arealen waar zich successie kon voordoen steeds verder afnam. Er bestond dus een soort evenwicht tussen successie en vernatting (progressieve en retrogressieve hydroseries), waarbij de vernatting naar het einde van deze fase de overhand krijgt.

Fase Urk-2 (5735-4900 BP) *Cladium*veen

Tijdens de fase Urk-2 ontwikkelde zich een Cladietum marisci, dat rijk was aan *Characeae*. *Cladium* en *Characeae* zijn beide indicatief voor relatief kalkrijke basische condities en hoge grondwaterstanden. *Cladium*-vegetaties zijn tevens karakteristiek voor wisselende waterstanden en zwak brakke condities als het milieu maar zuurstofrijk is (Westhoff, 1949), terwijl de Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis vegetaties uit fase Urk-1 juist karakteristiek zijn voor kalkarme en voedselarme condities en stabiele grondwaterstanden (Westhoff en Den Held, 1975). Het verdwijnen van laatstgenoemde boomrijke vegetaties (D56-U1) zal dus of door een verhoogd kalkaanbod kunnen zijn veroorzaakt, of doordat sterkere verticale waterbewegingen optraden, of door een verrijking van het milieu of omdat de vegetatie eenvoudigweg verdronk.

Omdat *Characeae* niet in een regelmatig droogvallend milieu voor kunnen komen en de hoeveelheid *Characeae* naar het einde van deze fase sterk toeneemt, moet tevens worden aangenomen dat de arealen met permanent open water zich hebben kunnen uitbreiden tijdens deze ontwikkeling. Mogelijk is de stijging van het gemiddelde grondwaterpeil iets sneller geweest dan de netto accumulatie van organisch materiaal. Aan het einde van deze fase (subzones D56-U2c en D56-U2d), ontstaat eerst een *Thelypteris*-rijke variant van het Cladietum marisci (subass: thelypteridetosum), gevolgd door een mosrijke variant (subass: scorpididetosum). Tegelijkertijd blijven *Characeae* in hoge aantallen vertegenwoordigd. Enerzijds treedt er dus successie (progressieve hydroserie) op in de richting van Scorpidio-Caricetum diandrae (27Ba1) vegetaties (trilvenen in kalkrijke milieu's met stagnerend grondwater !, Westhoff en Den Held, 1975), terwijl anderzijds voortdurend zeer natte plekken in de vegetatie aanwezig bleven, die zich deels nog konden uitbreiden ook. Dit zal samenhangen met het

verdwijnen van de verticale grondwaterbewegingen (mogelijk door afnemende getijdeinvloed), waardoor de natste delen van de vegetatie permanent onder water bleven staan terwijl in de "droogste" delen van de vegetatie successie kon optreden. De goede conservatie van het veen uit subzone D56-U2d pleit er echter ook voor dat tegelijkertijd de stijging van het grondwater zich iets heeft versneld. Immers, enerzijds wijzen de hoge aantallen *Characeae* op een toename van het areaal aan open water, terwijl de goede preservatie van het "verlandings" veen uit D56-U2d anderzijds suggereert dat de grondwaterstand snel genoeg omhoog kwam om condities te scheppen voor de goede conservatie van het "verlandingsveen" uit D56-U2d.

Fase Urk-3 (4900-4425 BP) *Phragmites*veen

Tijdens deze fase is de monsterlokatie overgroeid geraakt met Thelypterido-Phragmitetum vegetaties, die vaak rijk aan ruderaal kruiden zijn geweest. Deze overgang vanuit Cladietum marisci thelypteridetosum vegetaties is niet bekend van huidige successiereksen en de oorzaak van de overgang moet dan ook gezocht worden in veranderende externe invloeden op de vegetatie. Omdat *Thelypteris palustris* nog steeds een belangrijk vegetatiebepalend element bleef, moet niet in de richting van een verandering in de stijging van de relatieve grondwaterstand worden gedacht. De belangrijkste aanwijzing voor veranderende externe invloeden op het veensysteem vormen de aanwezigheid van *Foraminiferae* en de sedimentatie van (Jongere Unio) klei in deze zone. In aanvang waren ook nog Cladietum marisci vegetaties aanwezig (subzone D56-U3a) en zijn *Foraminiferae* gevonden. Na de inundaties (*Foraminiferae*) nam de pH af, als gevolg van het binnendringen van *Sphagnum* in de vegetatie. Mogelijk benadeelde deze verlaging van de pH ook de vitale ontwikkeling van *Cladium* in de vegetatie. De toenemende percentages *Pediastrum* in dit traject, wijzen op voortdurend natte en overwegend zoete condities. Vervolgens (D56-U3b en D56-U3d) handhaafde het Thelypterido-Phragmitetum zich, kortstondig onderbroken door een vegetatie die in plaats van *Thelypteris palustris*, vooral uit *Carex sect. Acutae* lijkt te hebben bestaan (D56-U3c), tijdens een fase waarin de mariene invloed (klei en *Foraminiferae*) maximaal lijkt te zijn. In subzone D56-U3d verdwijnen de indicatoren voor mariene invloed geleidelijk en breiden ruderaal kruiden en varens zich sterk uit. Het uitbreiden van ruderaal kruiden in een Thelypterido-Phragmitetum is een normale gebeurtenis tijdens successie naar Pallavicinio-Sphagnetum vegetaties als opslag van *Alnus* en *Salix* wordt verhinderd (Westhoff en Den Held, 1975). De opslag van bomen kan zijn verhinderd door de vele branden die, getuige de vele verbrande plantenresten en relatief hoge percentages houtskool, regelmatig in de vegetatie hebben gewoed. Tenslotte ontwikkelt zich in subzone D56-U3e een vegetatie, die aanwijzingen bevat voor verdere successie in de richting van Pallavicinio-Sphagnetum vegetaties (progressieve hydroserie). Het ontstaan van Pallavicinio-Sphagnetum vegetaties is vaak in verband gebracht met voorafgaande mariene invloed op de vegetatie (Westhoff et al., 1971; Westhoff en Den Held, 1975). Nadat de verrijkende werking van inundaties met marien water tot een eind was gekomen kon de successie blijkbaar geleidelijk opnieuw op gang komen. Er zijn in fase Urk-3, subzone D56-U3c uitgezonderd, geen uitgesproken aanwijzingen voor toenemende gemiddelde waterdiepten. De netto accumulatie van organisch materiaal is daarmee dus permanent minimaal even snel geweest als de stijging van de gemiddelde grondwaterstand.

Fase Urk-4 (4425-4055 BP) *Cladium*veen

Deze fase wordt gekarakteriseerd door de ontwikkeling van *Thelypteris*-rijke Cladietum marisci vegetaties. Enerzijds houdt dit in dat het milieu opnieuw hetzij relatief kalkrijk, dan wel licht brak of voedselrijker is geworden in vergelijking met het einde van fase Urk-3 (subzone D56-U3e), waar een ontwikkeling in de richting van voedselarme condities is waar te nemen (Pallavicinio-Sphagnetum). Anderzijds betekent dit ook dat de grondwaterstand niet noemenswaardig is veranderd ten opzichte van het weinig substraat en dat de stijging van de grondwaterstand dus ongeveer even snel is verlopen als de netto accumulatie van organisch materiaal. De toename van de kalkrijkdom zal hebben samengehangen met een korte toename in de mariene invloed op het veensysteem in deze fase; inderdaad is een enkele *foraminifeer* in dit traject aangetroffen. Tegen het einde van deze fase (subzone D56-U4b) is de *Cladium*-vegetatie weliswaar nog aanwezig, maar worden er ook indicatoren voor beginnende verzuring van het milieu aangetroffen (taxa uit Pallavicinio-Sphagnetum en Betuletum pubescentis vegetaties)(progressieve hydroserie). Kennelijk kan *Cladium*, althans tijdelijk, een lichte verzuring en verarming soms wel verdragen. De verarming van het milieu wijst wel op

doorgaande successie, isolatie en veenaccumulatiesnelheden die minimaal even groot zijn geweest als de stijging van het gemiddelde grondwaterniveau (progressieve hydroserie).

Fase Urk-5 (4055-3635 BP) *Betula/Myricaveen* en oligotroof veen

Tijdens deze fase ontwikkelden zich oligotrofe vegetaties op de monsterlokatie. In aanvang ontstonden *Betuletum pubescentis* vegetaties, die vaak rijk waren aan *Myrica gale* (subzones D56-U5a en D56-U5b). Vervolgens breidde *Sphagnum spec.* zich uit en ontstonden oligotrofe vegetaties (subzone D56-U5c). Omdat deze ontwikkeling een normale gebeurtenis is bij doorgaande successie (progressieve hydroserie), moet worden aangenomen dat de monsterlokatie voortdurend geïsoleerd lag ten opzichte van rijk oppervlakte- en grondwater. Er kan dus worden verondersteld dat de stijging van de gemiddelde regionale grondwaterstand hoogstens gelijke tred kon houden met de netto accumulatie van organisch materiaal, omdat anders hoe dan ook een verdrinking van de vegetatie zou zijn opgetreden. Het lage percentage van de als "marker" toegevoegde *Lycopodium* sporen in dit deel van het veen duidt ofwel op een vergrote influx van boompollen in het veen of op een sterke afname van de sedentatiesnelheid van het veen. Omdat de percentages toegevoegde marker ook laag blijven als lokale bomen (*Betula*, *Myrica*, *Alnus* en *Salix*) uit de pollensom worden gehouden, moet worden aangenomen dat de sedentatiesnelheid van het veen inderdaad sterk is afgenomen in deze fase. Een reële grondwaterdaling is dan ook niet uit te sluiten. In het bovenste deel van de *Sphagnum*-rijke vegetatie van subzone D56-U5c zijn verder aanwijzingen gevonden voor korte periodes waarin inundaties met marien water plaatsvonden, gevolgd door een fase waarin wisselende waterstanden en relatief droge condities (sklerotia van *Cenococcum geophilum*) optraden in een door *Eriophorum vaginatum* gedomineerde vegetatie (subzone D56-U5d). De inundaties zullen samen hebben gehangen met een reactivering van het geulensysteem ca 500 m noordelijk van de monsterlokatie. Deze reactivering heeft kennelijk ook voor een verbeterde afwatering van de vegetatie in de richting van de geul gezorgd en relatief droge condities en wisselende waterstanden veroorzaakt. Vervolgens (subzone D56-U5e) werd de vegetatie opnieuw gedomineerd door *Sphagnum*. Omdat in deze fase geen sklerotia van *Cenococcum geophilum* zijn gevonden, zal het milieu overwegend vrij nat en zonder sterk wisselende waterstanden zijn geweest. Deze stabilisatie van het milieu kan zijn veroorzaakt omdat de geul minder actief werd, of omdat het milieu zich aan de nieuwe situatie kon aanpassen. Tegen het einde van fase Urk-5 (subzone D56-U5f) is het milieu opnieuw snel verdroogd (gelet op de vele resten van *Ericaceae* en sklerotia van *Cenococcum geophilum*) voorafgaand aan mariene inundaties in fase Urk-6. Ervan uitgaande dat de afwatering van de oligotrofe vegetatie plaatsvond in de richting van het op dat tijdstip nog steeds aanwezige geulstelsel ca 500 m noordelijk van de monsterlokatie, wijst de genoemde verdroging in de oligotrofe vegetatie op een verbeterde afwatering van het veengebied, waarschijnlijk samenhangend met toegenomen waterstandsvariaties (getijdeinvloeden) in het nabijgelegen geulstelsel (zie ook hieronder).

Fase Urk-6 (3635-3400 BP) *Phragmites*veen

In deze fase ontstaan sterk door *Phragmites* gedomineerde vegetaties (*Phragmition*) op de monsterlokatie (retrogressieve hydroserie). Dat dit samenhangt met een sterke toename van de mariene invloed op de vegetatie is af te lezen uit de vele indicatoren voor mariene invloed die met name in subzone D56-U6a zijn aangetroffen (*Salicornia*, *Foraminiferae*, klei etc). Het ontstaan van *Phragmites*-moerassen lijkt tevens op toegenomen waterdiepten te wijzen, maar de ruderaal kruiden (*Urtica urens*, *Eupatorium cannabinum*) uit deze fase wijzen op intervallen met lage waterstanden (getijde?). Mogelijk was de waterstand sterk wisselend van karakter en is de gemiddelde waterdiepte niet of nauwelijks toegenomen. In dit verband moet, gezien de indicaties voor een toegenomen mariene invloed, serieus rekening worden gehouden met een toename van het getijdeamplitude. Een toegenomen hoogwaterhoogte zou ook de overspoeling van het hoogveenmoeras uit de voorafgaande fase kunnen verklaren, waarbij maaiveldsverlaging van het hoogveen door een verbeterde ontwatering mede een rol kan hebben gespeeld. Later, tijdens de vorming van subzone D56-U6b, handhaafden de *Phragmites*-vegetaties zich weliswaar, maar is tevens een sterke afname van indicatoren voor mariene invloed waar te nemen. Dat het wegvallen van de mariene invloed gepaard ging met een snelle verzuring en verarming van het milieu is af te lezen uit de resten van *Ericaceae* en *Hydrocotyle vulgaris* in deze fase. *Phragmites* kan zich langdurig in zo'n milieu handhaven door via de stolonen nutriënten uit diepere en vooral rijkere veenlagen te halen. De abrupte

vegetatieovergang van eutroof naar oligotroof vindt in feite plaats zonder duidelijke mesotrofe tussenfase. Er worden dus een of meer vegetatieovergangen uit de progressieve hydroserie overgeslagen. De oorzaak hiervan zou kunnen zijn gelegen in een abrupte beëindiging van de externe invloed op het milieu tijdens deze fase. De snelle overgang naar voedselarmere (en droge *Ericaceae*) vegetaties geeft overigens aan dat van voortdurend hoge gemiddelde grondwaterstanden tijdens fase Urk-6 geen sprake kan zijn geweest. Mogelijk is het (grotendeels) wegvallen van de getijdeinvloed, met een verlaging van het gemiddeld hoogwaterniveau er de oorzaak van geweest dat er een snelle isolatie van de vegetatie ten opzichte van het voedselrijke oppervlaktewater is opgetreden, waardoor een snelle terugkeer van oligotrofe en mesotrofe elementen in de vegetatie werd gestimuleerd.

Fase Urk-7 (3400- ? BP) Oligotroof veen

Hoewel in de aanvang nog af en toe korte inundaties plaatsvonden (*Foraminiferae*), ontstond al in het begin van deze fase opnieuw een oligotrofe vegetatie (hoogveen). Omdat de overgang naar hoogveen relatief snel verloopt, moet worden aan genomen dat de stijging van de grondwaterstand duidelijk achter bleef bij de netto accumulatie van organisch materiaal. De ontwikkeling van hoogveen direkt op rietveen is met name bekend uit het Nederlandse kustgebied (Zagwijn, 1986). Deze ontwikkeling wordt veroorzaakt doordat na het terugtrekken van de mariene invloed de vegetatie snel geïsoleerd raakt ten opzichte van voedselrijk water.

3.6.3 Discussie

Uit het voorafgaande kunnen enkele conclusies worden getrokken. Ten eerste dat variaties in voedselrijkdom, samenhangend met toe- en afnemende mariene invloed, de belangrijkste sturende factor in de vegetatieontwikkeling in het studiegebied Urk zijn geweest. Voorzover er zich belangrijke of minder belangrijke fluctuaties in de stijging van het grond- en oppervlaktewater hebben voorgedaan, hebben deze in dit opzicht een ondergeschikte invloed gehad. Alleen in fase Urk-2d wijzen de gegevens op een mogelijke versnelling van de lokale grondwaterstand. In de tweede plaats blijkt dat er tijdens fasen waarin afzetting van marien aangevoerde klei optrad (Urk-3 en Urk-6) vooral *Phragmites australis* vegetaties ontstonden, terwijl in fasen met mariene invloed maar zonder kleisedimentatie *Cladietum marisci* vegetaties ontstonden (fase Urk-2, fase Urk-4). In fasen waarin de mariene invloed sterk afnam of afwezig was verarmde het milieu snel en trad successie op in de richting van mesotrofe en oligotrofe vegetaties (fase Urk-5). Dit pleit er opnieuw voor om aan te nemen dat fluctuaties in de stijging van het grondwaterniveau van ondergeschikt belang zijn geweest bij het ontstaan van de afwisseling tussen *Cladium* en *Phragmites-Carex* vegetaties. Ze zijn mogelijk wel opgetreden maar beide veentypen konden blijkbaar de grondwaterstijging steeds bijhouden. Alleen tijdens de vorming van Urk-2d lijkt er een sprake te zijn van enige invloed van een versnelde grondwaterstijging, die zich uit door een toename van indicatoren voor open water en een goede preservatie van het gevormde veen. Bij de condities zoals die zich in het studiegebied Urk voordeden konden *Phragmites-Carex* en *Cladietum marisci* vegetaties in feite niet verdrinken. Welke vegetatietypen ontstonden werd daarom bepaald door de mate van mariene invloed op de vegetatie.

Pas tijdens de successie naar oligotrofe vegetaties in fase Urk-5 is er sprake van volledige isolatie ten opzichte van verrijkende invloeden. Het is opvallend dat juist in de *Betula*-rijke fase de percentages van de als "marker" toegevoegde *Lycopodium*-sporen) aanzienlijk afnemen, zelfs als *Betula*, *Myrica*, *Salix* en *Corylus/Myrica* uit de pollensom worden gehouden. Dit duidt op een hoge pollenconcentratie in het veen, zodat moet worden aangenomen dat de netto accumulatiesnelheid in de *Betula*-rijke fase sterk afneemt. Het feit dat er desondanks geen verdrinking van de vegetatie optreedt wijst er op dat de stijging van de grondwaterstand tijdens de *Betula*-rijke fase moet zijn achtergebleven. Het is goed voorstelbaar dat het samenvallen van verarming en verminderde grondwaterstijging in de *Betula*-rijke fase primair het gevolg is van een, met de algemene afname van de mariene invloed samenhangende, afname van de getijdewerking.

3.7 Schokland studiegebied

3.7.1 Inleiding

Drie van de palaeobotanisch geanalyseerde kernen zijn verzameld op het voormalig eiland Schokland (zie fig. 1.3). De kernen zijn alle geanalyseerd op macroresten terwijl één kern (ZP kern) ook op pollen-en sporeninhoud is onderzocht. Ter plaatse van de OEW kern heeft de veenvorming blijkens dwarsprofiel V (appendix C) gedurende lange tijd onder directe invloed van de voormalige rivier (Vecht) gestaan; hier komen op grote schaal organische openwater-afzettingen voor. De twee andere kernen zijn afkomstig van lokaties die steeds op aanzienlijke afstand van de directe rivierinvloed hebben gelegen, waarbij de ZP kern verder van de rivier verwijderd lag dan de SRW1 kern (zie profielen VII en VIII). Beide kernen bestaan uit veensequenties, die opgebouwd zijn uit een grote diversiteit aan veenvormende vegetatietypen.

3.7.2 ZP kern

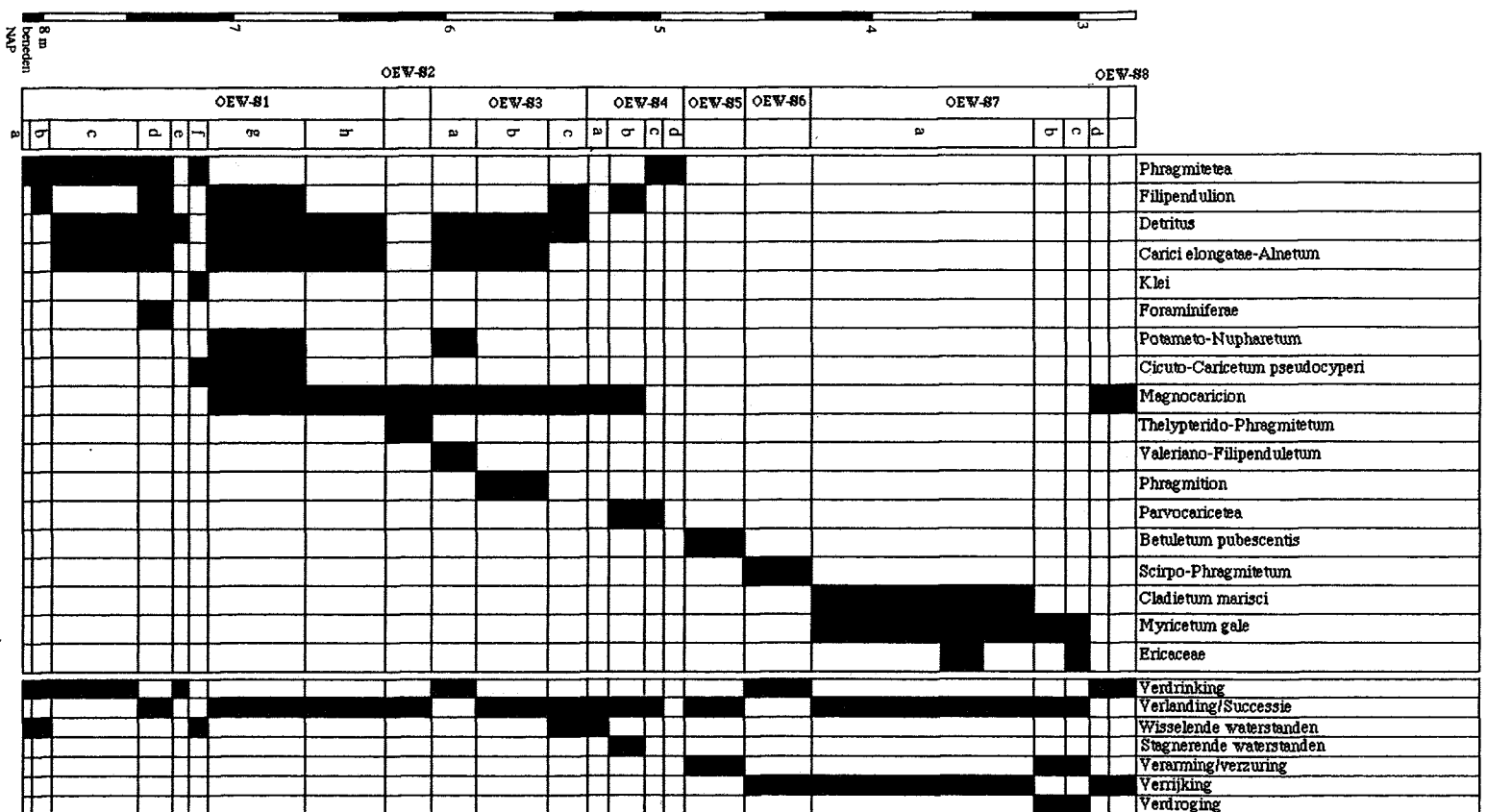
Deze kern is gemonsterd in het zuidwestelijke deel van het voormalige eiland Schokland en maakt deel uit van de "Zuidpunt '88" boorsectie (zie profiel VIII). De monsterlocatie ligt 500 meter ten noorden van een serie rivierduinen die de voormalige bedding van de rivier de IJssel aan de noordzijde begeleiden. De lokatie is geselecteerd op grond van zijn maximaal geïsoleerde ligging ten opzichte van de voormalige riviersystemen van Vecht en IJssel. Extreme veranderingen in het milieu als gevolg van specifiek aan het riviersysteem gebonden invloeden zijn hier niet te verwachten waardoor de kern meer inzicht kan geven in de grote lijnen van de milieuontwikkeling.

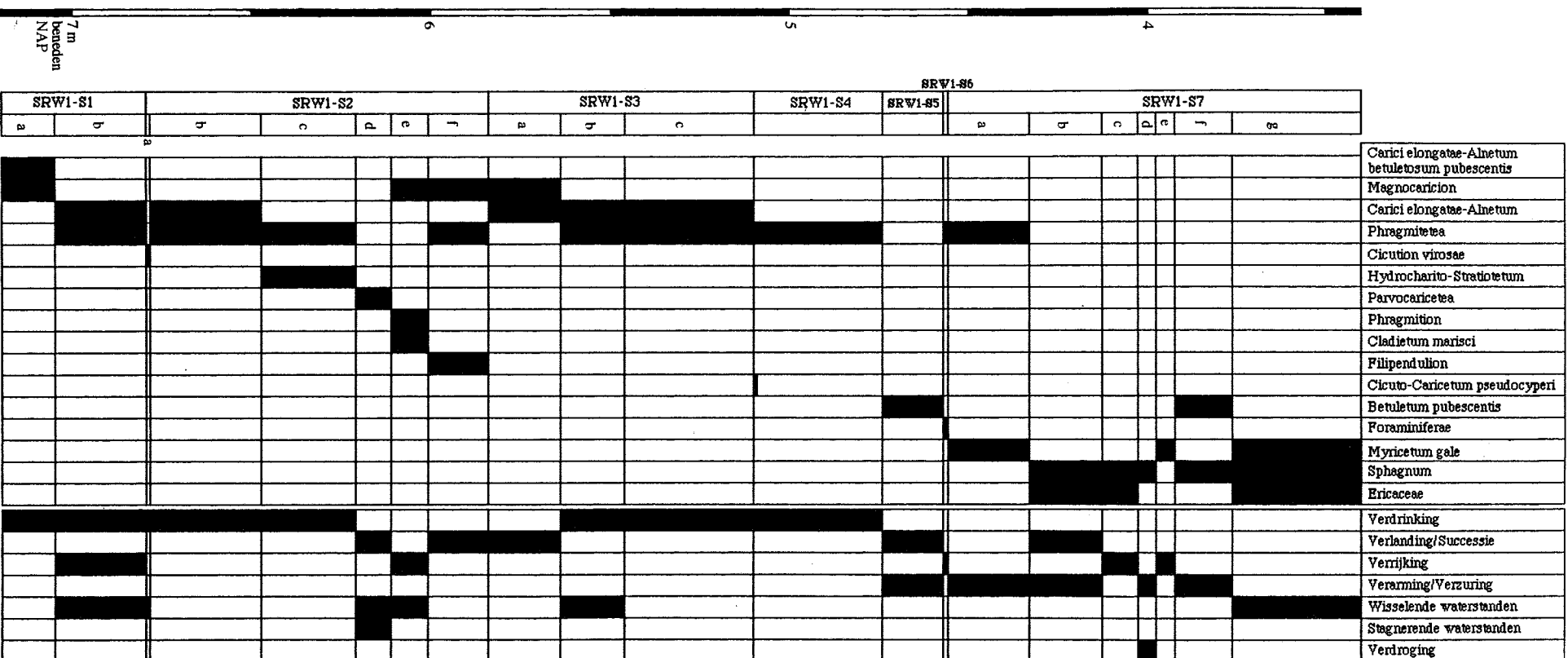
In de kern zijn 8 zones en verscheidene subzones onderscheiden. De zonering is voornamelijk gebaseerd op de gegevens van de macrorestenanalyse. Zone ZP-S1 vertegenwoordigt de eerste veenvorming op het Pleistocene substraat en bestaat uit Elzenbroekbosveen. Tijdens de vorming van zone ZP-S2 ontstond een *Carex*-vegetatie, opnieuw door een Elzenbroekbos-vegetatie opgevolgd (zone ZP-S3). De veenvormende vegetatie uit zone ZP-S4 is wederom opgebouwd uit *Carex*-soorten, terwijl in zone ZP-S5 *Betula* en *Myrica* belangrijke veenvormers zijn geweest. Na een fase met geïnundeerde *Phragmites* vegetaties (zone ZP-S6), ontwikkelde zich tenslotte een strikt oligotrofe vegetatie van *Sphagnum* en *Ericaceae* (zone ZP-S7). Het einde van de veenvorming wordt gekarakteriseerd door de monsters van zone ZP-S8.

3.7.3 OEW kern

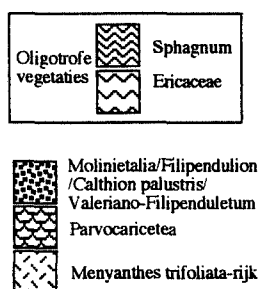
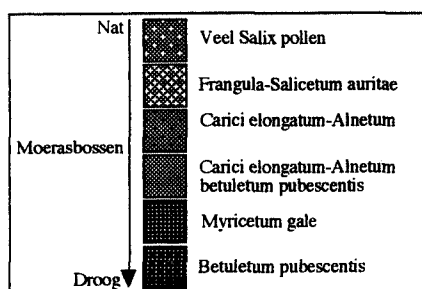
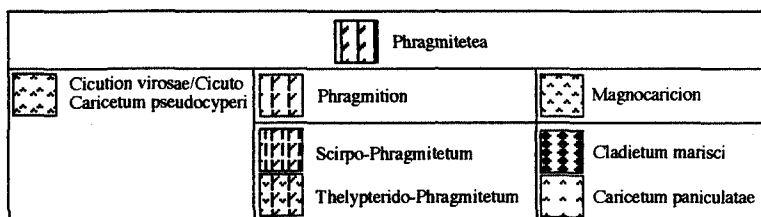
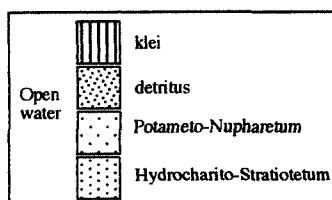
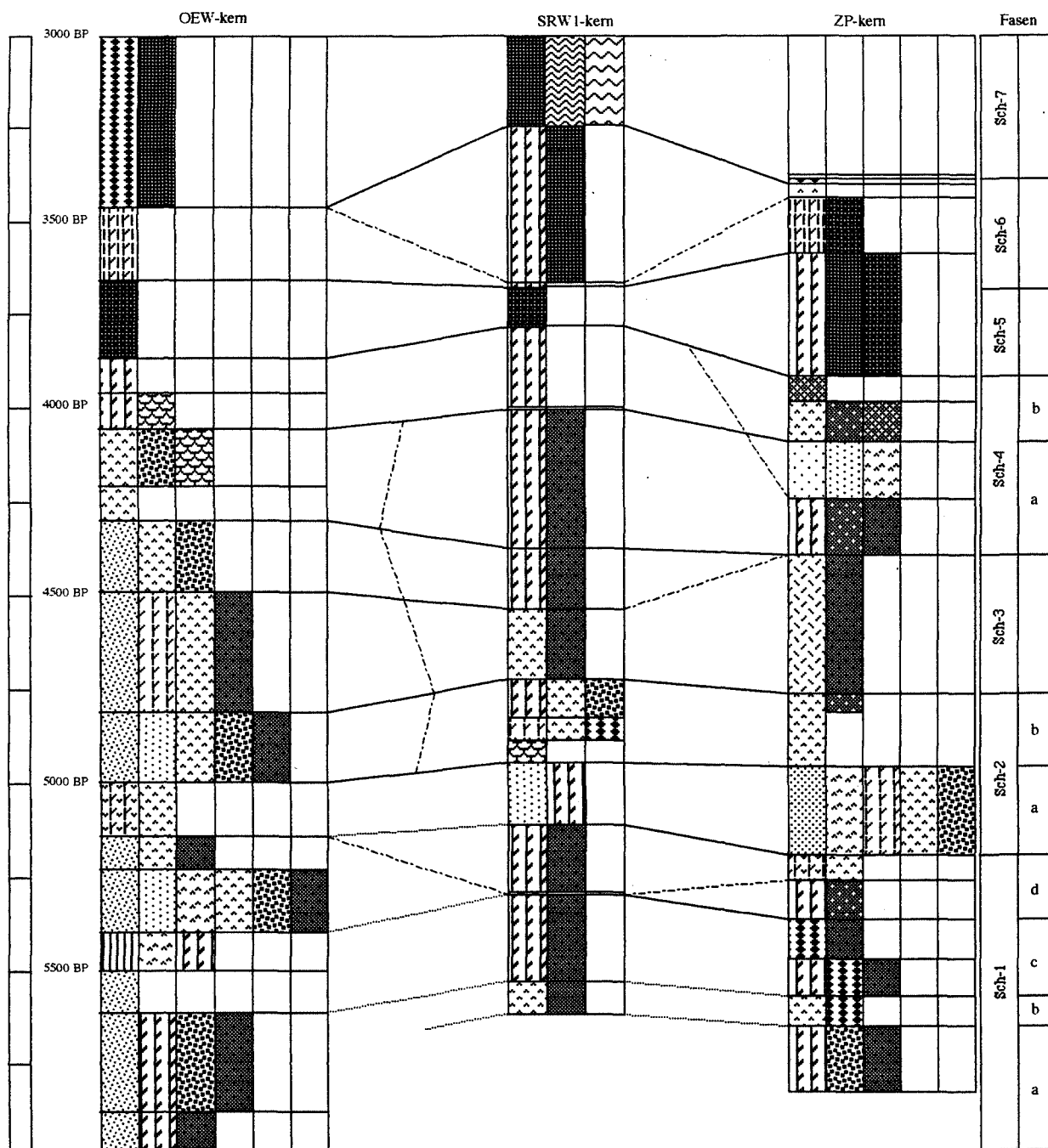
Deze kern is afkomstig van het noordelijk gedeelte van het voormalige eiland Schokland. Blijkens profiel V (appendix C) heeft de monsterlocatie langdurig deel uitgemaakt van de riviervlakte. De kern bestaat dan ook voor een groot deel uit detritische afzettingen die in open water gevormd zijn. Ook komt er een kleilaag (Oudere Unio klei) in de sectie voor. De kern, die alleen op macroresten is onderzocht, is onderverdeeld in 8 zones en vele subzones. Zone OEW-S1 bestaat uit detritus waarin een laag klei is afgezet. Tijdens de vorming van zone OEW-S2 groeide het open water dicht met *Carex*-vegetaties, die vervolgens weer verdronken, zodat opnieuw detritus tot afzetting kwam (OEW-S3). Het open water waarin deze detritus werd afgezet groeide tijdens de vorming van zone OEW-S4 opnieuw dicht met een *Carex*-vegetatie, die sterke overeenkomsten vertoont met de vegetatie uit zone OEW-S2. Hierna trad successie op en ontstond een *Betula-Myrica* vegetatie (OEW-S5). Hierop werd een laag *Phragmites*-rijk veen gevormd (OEW-S6), gevolgd door een dikke veenlaag waarin met name *Myrica gale* veenvormend is geweest, samen met *Cladium mariscus* (OEW-S7). Tenslotte ontstond uit deze vegetatie een *Carex-Juncus* vegetatie (OEW-S8).

54

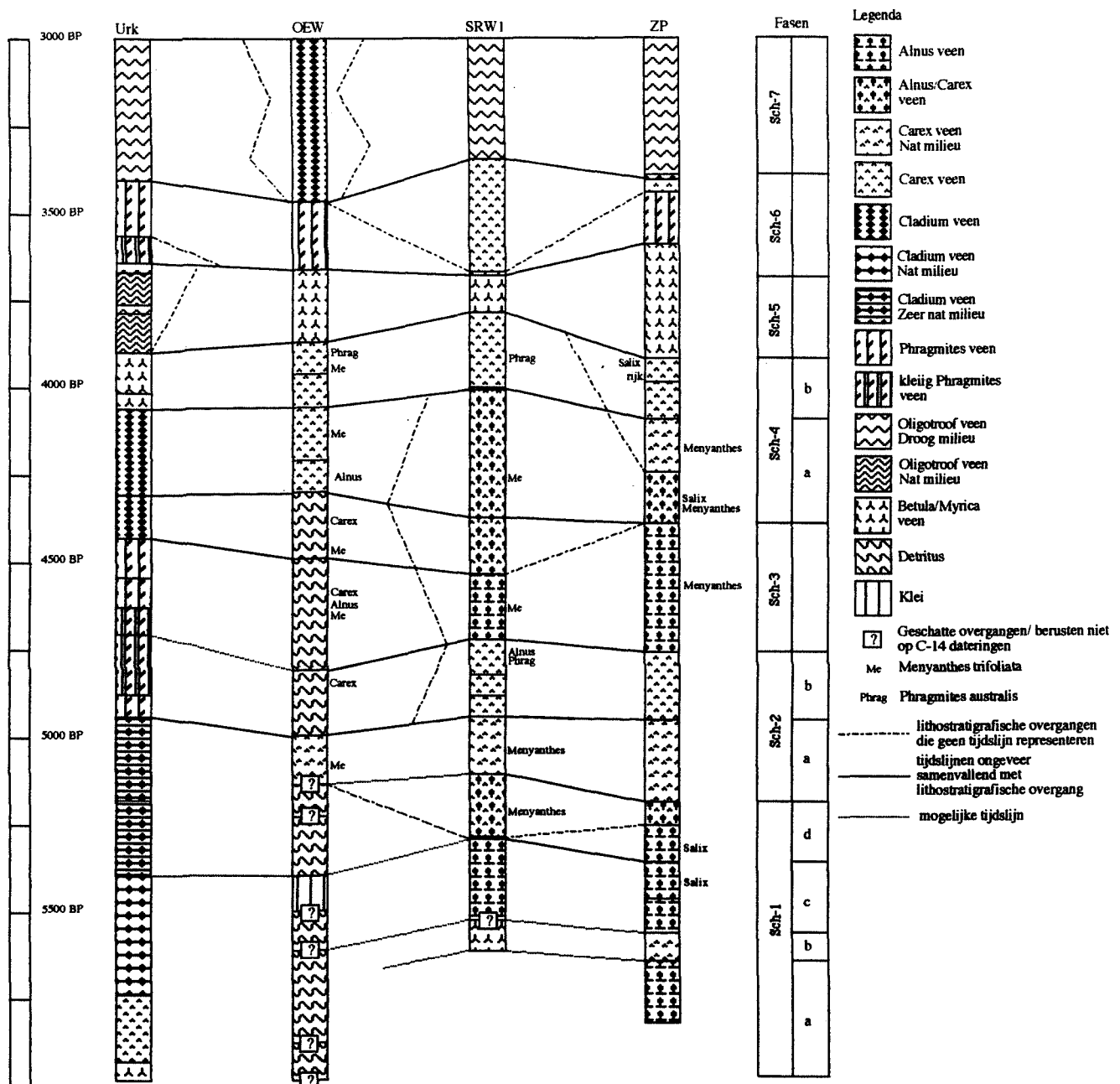




Figur 3.6 Vegetatiesuccesie SRW1-kern



Figuur 3.7 Vegetatiesuccessie per palaeobotanische fase



Figuur 3.9 Chronologie van de palaeobotanische zones

3.7.4 SRW1 kern

De SRW1 kern is uitgekozen omdat deze geacht wordt de oevervegetatie langs de riviervlakte te representeren. De kern is alleen op macroresten onderzocht en is onderverdeeld in 7 zones en diverse subzones. Zone SRW1-S1 en SRW1-S3 bestaan uit Elzen-rijke *Carex*-vegetaties, terwijl zones SRW1-S2 en SRW1-S4 in hoofdzaak uit *Carex*-vegetaties bestaan waarin Elzen ontbreken. Zone SRW1-S5 is opgebouwd door *Benula-Myrica* vegetaties, gevolgd door een zone waarin *Phragmites*-vegetaties domineerden. Tijdens de vorming van zone SRW1-S7 konden hoogveenvegetaties tot ontwikkeling komen.

3.7.5 Palaeobotanische fasen (figuren 3.7, 3.8 en 3.9)

Fase Sch-1 (tot ca 5100 BP) Broekbosveen en detritus

(ZP-S1; ? - 5180 BP/ SRW1-S1 t/m SRW1-S2b; ? - 5100 BP/ OEW-S1; ? - ? BP)

De palaeobotanische zones ZP-S1, OEW-S1 en SRW-S1 representeren de eerste organische accumulatie die zich onder invloed van de algemene grondwaterspiegelstijging in de drie onderzochte kernen voordeed. Op de OEW lokatie, in de voormalige riviervlakte, bestaat het materiaal voornamelijk uit detritus met een ingeschakelde kleilaag. In de overige twee kernen is het veen uit deze fase voornamelijk door een *Alnus*-rijke vegetatie opgebouwd. Op grond van de lithologie en chronologie kan fase Sch-1 worden onderverdeeld in 4 subfasen.

Subfase Sch-1a (?- ca 5820 BP) Detritus/Elzenbroekbos

(OEW-S1a t/m OEW-S1c; ZP-S1a)

De Holocene verdrinking van het substraat zal begonnen zijn in het diepste deel van het Laat-Glaciële riviersysteem. In de riviersectie (OEW kern) zijn de effecten reeds in een vroeg stadium merkbaar geworden, gezien de diepteligging van de Pleistocene ondergrond (-8.02 m NAP). De verdrinking van het substraat (rivierleem, Formatie van Kreftenheye; zie § 2.1.2.3, appendix A en profiel V) is daar in een aantal stappen verlopen. Eerst ontstond op de Laat-Glaciële rivierleem een *Phragmitetea/Filipendulion* vegetatie. Gezien de aanwezigheid van ruderales kruiden, *Alisma plantago-aquatica* en *Typha latifolia*, in deze vegetatie is het waarschijnlijk dat de waterstand enigszins fluctueerde (OEW-S1a). Vervolgens (OEW-S1b) handhaafde de *Phragmitetea/Filipendulion* vegetatie zich. De aanwezigheid van ruderales kruiden, *Oenanthe aquatica*, *Solanum dulcamara* en *Ranunculus flammula* in subzone OEW-S1b laat zien dat de waterstand nog steeds fluctueerde in deze vegetatie, terwijl uit de gevonden *Cladocera*-resten en *Nuphar lutea* zaden blijkt dat tevens een toenemend contact met open water uit de omgeving plaatsvond. Tenslotte (OEW-S1c) waren, blijkens sedimentatie van detritus op de monsterlokatie, de waterdiepten zover toegenomen dat er sprake was van een situatie met ondiep open water. Het herkenbare organisch materiaal in deze detritus bestaat voor het grootste deel uit hout- en bladresten; het materiaal is niet doorworteld en bevat nauwelijks vruchten van *Alnus glutinosa*. In aanvang is de hoeveelheid *Cladocera* en het volumepercentage *Carex*-wortels nog vrij hoog in de detritus, terwijl tevens zaden en vruchten van *Menyanthes trifoliata* en *Typha* spec. worden gevonden. Vervolgens nemen de hoeveelheden *Cladocera*-resten en het percentage *Carex*-wortels af, terwijl dan zaden, vruchten en nootjes van *Lythrum salicaria*, *Oenanthe aquatica*, *Lycopus europaeus* en *Carex rostrata* aanwezig zijn. Tenslotte verdwijnen de meeste taxa uit de detritus en zijn naast met name boombladresten en varensparangia vooral *Alisma plantago-aquatica* vruchten gevonden. Omdat we hier te maken hebben met een assemblage van deels lateraal verspoeld materiaal uit de vegetaties die het open water omzomen, is het waarschijnlijk dat de oevervegetatie bestond uit ruderales kruiden (*Lythrum salicaria*) en taxa uit *Phragmitetea* vegetaties (*Alisma plantago-aquatica*, *Carex* spec., *Oenanthe aquatica*, *Lycopus europaeus*). Taxa als *Lythrum salicaria*, *Lycopus europaeus* en met name *Oenanthe aquatica* geven verder aan dat de waterstand op en rond de monsterlokatie nog steeds een fluctuerend karakter had.

In deze fase begon ook de verdrinking van het Pleistocene substraat buiten het riviersysteem. Hoewel niet ondersteund door C-14 dateringen was er, blijkens de diepteligging van het substraat (-7.19 m NAP), in de SRW1-kern in de loop van deze subfase sprake van de ontwikkeling van een veenvormende vegetatie, die deels uit taxa van het *Carici elongatae-*

Alnetum betuletosum pubescentis en deels uit taxa van het Magnocaricion bestond (subzone SRW1-S1a). In het zuidelijk deel van het eiland Schokland (ZP kern) was er ook sprake van verdrinking en ontstond in aanvang (voor ca 5820 BP) een Carici elongatae-Alnetum vegetatie, die rijk was aan natte en open plekken (ZP-S1a). De natte plekken ontstonden kennelijk zo snel dat ze niet echt konden verlanden. Dit zal veroorzaakt zijn doordat de netto accumulatie van organisch materiaal achterbleef bij de stijging van het gemiddelde grondwatervniveau.

Processen: toenemende waterdiepten, vernatting, verdrinking van het pleistocene substraat en beginnende veenvorming

Subfase Sch-1b (ca 5820- ca 5560 BP) Detritus/ Elzenbroekbos/ Zegge-vegetaties

(OEWS1d; SRW1-S1a; ZP-S1b t/m ZP-S1c)

De organische afzettingen uit deze fase in de riviersectie (OEWS1d) laten een toename zien van resten uit Phragmitetea en Carici elongatae-Alnetum vegetaties. Dit wijst niet alleen op enige verlanding met Elzenbroekbos in de oeverzone, maar mogelijk ook op het naderbij komen van de oevervegetatie. Op de monsterlokatie was toen nog steeds ondiep open water aanwezig, gezien de vele *Cladocera* en de ondoorwortelde staat van het organisch materiaal (detritus).

In deze fase zette op enige afstand van de rivier (SRW1-kern) de vorming van Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis en Magnocaricion vegetaties zich door (subzone SRW1-S1a). Omdat het hier gaat om vegetaties onder relatief zure en matig mesotrofe condities en met een stagnerende grondwaterstand (Westhoff en Den Held, 1975), moet worden aangenomen dat het substraat kalk- en voedselarm was en dat van een sterke nutriënten-uitwisseling met de rivier geen sprake was.

Ver van de rivier (ZP-lokatie) kon het voordien open en natte Elzenbroekbos zich verdichten en groeiden de natte plekken dicht met taxa uit Phragmitetea en Filipendulion vegetaties (ZP-S1b)(progressieve hydroserie). Omdat sprake lijkt te zijn van een zekere verlanding en successie in de vegetatie zal in deze fase de netto organisch accumulatie minimaal even snel zijn verlopen als de stijging van grondwaterstand. De abrupte overgang naar Magnocaricion vegetaties (ZP-S1c) die vervolgens aan het eind van fase Sch-1b optrad op de ZP lokatie, is juist een omgekeerde stap ten opzichte van de successiereksen zoals die zich actueel voordoen (retrogressieve hydroserie). Omdat de gemiddelde waterdiepten in een Magnocaricion veel groter zijn dan in een Carici elongatae-Alnetum (zie Westhoff en Den Held, 1975) is het zeer aannemelijk dat de gemiddelde grondwaterstand ten opzichte van het weinig substraat is toegenomen. Verder is het veen van subzone ZP-S1c erg goed geconserveerd, hetgeen er op wijst dat het onder permanent natte condities is gevormd. Fluctuaties in de grondwaterstand zullen dus minimaal zijn geweest c.q. perioden met een lage grondwaterstand zullen zeer kort geduurd hebben.

Samenvattend blijkt dat er in het vroegste deel van deze subfase, zowel in het riviersysteem als ook op grote afstand van de rivier (ZP-kern), sprake was van een verlanding. Het einde van deze fase wordt gekenmerkt door weinig fluctuerende grondwaterstanden. In de riviersectie veroorzaakte dit een doorgaande verlanding, door een afname van de dynamiek van het milieu. Bij de doorgaande verdrinking van het substraat op enige afstand van de rivier manifesteerden zich geen duidelijke verrijkende invloeden vanuit het riviersysteem en ver van de rivier stagneerde de afwatering zodanig dat *Alnus* zich niet in de vegetatie kon handhaven.

Processen: verlanding, afnemende fluctuaties van de grondwaterstand.

Subfase Sch-1c (ca 5560- ca 5290 BP) Detritus/klei/Elzenbroekbos

(OEWS1e en OEWS1f; SRW1-S1b; ZP-S1d en ZP-S1e)

In deze fase verdwijnen in de riviersectie vrijwel alle taxa uit de onderzochte monsters (OEWS1e), die nog steeds als detritus zijn beschreven. Kennelijk zijn de waterdiepten toegenomen en/of is de oevervegetatie verder van de monsterlokatie af komen te liggen, waardoor inspoeling van resten uit de oevervegetatie verminderd is. Er zijn alleen taxa gevonden, waarvan de zaden en vruchten een groot drijfvermogen hebben (*Lycopus europaeus* en *Menyanthes trifoliata*; Weeda et al., 1988). Hierna is de sedimentatie van organisch materiaal in de riviervlakte onderbroken door de sedimentatie van een laag slappe subaquatisch afgezette klei (subzone OEWS1f, Oudere Unieklei, NC-S1[Unio-I]). De plantenresten uit de klei suggereren een oevervegetatie van Phragmitetea vegetaties, die deels waarschijnlijk drijftilvormend waren (Cicuto-Caricetum pseudocyperi). Omdat de klei in een oeverwallen-kommen landschap is

afgezet en verder slechts indicatoren voor zoete condities zijn gevonden, is het waarschijnlijk dat de monsterlokatie tijdens OEW-S1f deel uit maakte van een zoetwatergetijdegebied.

Op enige afstand van de rivier (SRW1-S1b) verdwijnt tijdens deze ontwikkelingen *Betula* uit het Elzenbroekbos (*Carici elongatae-Alnetum*) en nemen indicatoren voor nattere en voedselrijkere condities (*Phragmitetea/Alisma plantago-aquatica/Cladocera*) in aantal toe. Verder zijn er aanwijzingen voor sterk fluctuerende waterstanden gevonden. Het feit dat tijdens het verdwijnen van *Betula*, *Alnus* zich kon handhaven in de vegetatie, wijst er op dat de gemiddelde grondwaterstand niet is toegenomen ten opzichte van het venig substraat op deze lokatie. Het ontstaan van *Phragmitetea*-rijke *Alnus*-vegetaties zal dan ook primair door een vergrote nutriëntenuitwisseling met het riviersysteem zijn veroorzaakt.

Op grote afstand van de rivier (ZP-S1d) wijst het ontstaan van *Carici elongatae-Alnetum* vegetaties uit *Magnocaricion* vegetaties op verlanding in eutroof zoet water (progressieve hydroserie). De aanwezigheid van *Phragmites australis* wijst daarentegen ook in de richting van toenemend nattere condities, verdrinking en verrijking. Mogelijkerwijze zijn de waterstandsfluctuaties, waarvoor aanwijzingen zijn gevonden, debet geweest aan het voorkomen van indicatoren voor zowel verdrinking als verlanding. Vervolgens brak een fase aan (subzone ZP-S1e) waarin *Alnus* zich uitbreidde en de natste delen van de vegetatie met *Salix* bedekt raakten. Dit is een normale ontwikkeling bij voortdurende successie naar een goed ontwikkeld *Carici elongatae-Alnetum*, waaruit geconcludeerd kan worden dat de netto veenaccumulatie de stijging van het gemiddeld grondwaterniveau kon bijhouden (progressieve hydroserie).

Samenvattend blijkt er een fase op te treden waarin er in de riviersectie opnieuw sprake lijkt van een toenemende areaal open water rond de monsterlokatie met uiteindelijk de sedimentatie van een slappe klei onder zoetwatergetijde condities. Op enige afstand van de rivier ontstonden Elzenbroekbossen waarin de grondwaterstand fluctueerde en regelmatig contact met voedselrijk rivierwater optrad. Ver van de rivier traden ook sterk fluctuerende waterstanden op en kon *Salix* lokaal tot ontwikkeling komen in de ontstane broekbossen. Het lijkt er dus op dat deze fase gekenmerkt wordt door een toename van grondwaterstandsfluctuaties en het ontstaan van een zoetwatergetijde milieu.

Processen: Toenemende fluctuerende grondwaterstanden, ontstaan zoetwatergetijde milieu

Subfase Sch-1d (ca 5290- ca 5100 BP) detritus/ Elzen-zeggeveen (OEW-S1g en OEW-S1h; SRW1-S2a en SRW1-S2b; ZP-S1f en ZP-S1g)

Nadat de sedimentatie van klei tot een einde was gekomen werd in de riviersectie opnieuw detritus afgezet (OEW-S1g). In aanvang (onderste deel van OEW-S1g) lijkt sprake te zijn van enige verlanding en successie nabij de monsterlokatie, met een *Magnocaricion/Filipendulion* vegetatie. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door het wegvallen van getijde-bewegingen, waardoor de hoogste waterstand in de oeverzone enigszins verlaagd werd. In het natste deel van de riviervlakte zou dan een situatie met permanent open water ontstaan, wat bevestigd wordt door de taxa uit *Potameto-Nupharetum* vegetaties. De sterke afname van het aantal gevonden resten van de meeste taxa, die vervolgens optrad, is te verklaren door aan te nemen dat de oevervegetatie verder van de monsterlokatie kwam te liggen. Dit moet het gevolg zijn geweest van een doorgaande stijging van het grondwaterpeil, sneller dan de netto accumulatie van organisch materiaal in de oeverzone. Aanwijzingen voor toenemende waterdiepten in het diepste deel van de riviervlakte zijn echter niet gevonden. Tenslotte (bovenste deel van subzone OEW-S1g) zijn opnieuw vele aanwijzingen gevonden voor verlanding, successie en een oevervegetatie, die tevens dicht bij de monsterlokatie kwam te liggen. De oevervegetatie bestond in deze fase uit *Phragmitetea* (met name *Magnocaricion*), *Filipendulion* en *Carici elongatae-Alnetum* vegetaties, terwijl tevens aanwijzingen voor drijftilvorming zijn gevonden (*Cicuto-Caricetum pseudocyperi*). De drijftilvorming wijst op weinig dynamische omstandigheden in de diepere delen van de riviervlakte, waar week sapropelium blijkbaar tot het wateroppervlak is opgeslibd en een kiembed voor deze jonge drijftilsoorten heeft gevormd (Westhoff et al., 1971). Kennelijk heeft een voortdurende afwezigheid van fluctuaties in de grondwaterstand een zekere verlanding van het voordien ontstane open water mogelijk gemaakt. Dit houdt tevens in dat de stijging van de grondwaterstand geringer was dan de netto accumulatie van organisch materiaal, waardoor het (ondiepe) open water met detritus opgevuld raakte. De hieropvolgende (OEW-S1h) toename van resten van taxa uit *Thelypteris*-rijke *Magnocaricion* en *Carici elongatae-Alnetum* vegetaties wijst op doorgaande successie en verlanding in de

oeverzone rond het nog steeds aanwezige open water en dus op een grondwaterstijging die achterbleef bij de netto accumulatie van organisch materiaal in deze fase (progressieve hydroserie). *Thelypteris*-rijke *Carex* vegetaties ontwikkelen zich bij doorgaande successie uit Cicuto-Caricetum pseudocyperi vegetaties, als de grondwaterstand geregeld net onder of op het venig substraat staat. Carici elongatae-Alnetum vegetaties ontstaan door successie uit (vaak *Thelypteris*-rijke) Magnocaricion vegetaties. Zowel in de natste als ook in minder natte delen van de vegetatie trad dus successie en verlanding op.

Op enige afstand van de rivier (SRW1-kern) raakte de vegetatie aanvankelijk gedomineerd door *Carex*-soorten. Eerst (SRW1-S2a) ontstond een kortdurende mosrijke *Carex pseudocyperus* vegetatie (Cicution virosae), terwijl *Alnus* als relict uit de voorafgaande vegetatie aanwezig bleef. Dit lijkt verklaard te kunnen worden door aan te nemen dat de stijging van het grondwater sneller is verlopen dan de netto accumulatie van organisch materiaal. Maar uit het feit dat *Alnus* zich enigszins kan handhaven in de vegetatie zou tevens kunnen worden afgeleid dat de vernatting van het milieu niet overal even diep ingreep in de vegetatie-ontwikkeling. Afnemende fluctuaties in de grondwaterstand zouden bepaalde delen van de vegetatie kunnen doen vernatten en andere delen kunnen sparen voor ernstige vernatting. Omdat ook in de riviersectie in aanvang met name het wegvallen van fluctuerende grondwaterstanden bepalend is geweest voor de vegetatie-ontwikkeling, is dit laatste waarschijnlijk. Vervolgens (SRW1-S2b) kwam een *Menyanthes trifoliata*-rijke *Carex* vegetatie (Magnocaricion) tot ontwikkeling, waar overigens *Alnus* nog steeds in aanwezig bleef. De ontwikkeling van Magnocaricion vegetaties uit Cicution virosae-achtige vegetaties wijst weliswaar op enige successie in de vegetatie, maar omdat *Alnus* zich niet lijkt uit te breiden moet worden verondersteld dat de stijging van het grondwaterpeil ongeveer gelijke tred hield met de veenvorming. Dit wordt bevestigd door de uitbreiding van *Menyanthes trifoliata*, die doet vermoeden dat de grondwaterstand niet of slechts gedurende een zeer korte periode beneden of juist op het venig substraat kwam te liggen.

Ver weg van de rivier ontwikkelde zich uit een *Salix*-rijk Elzenbroekbos een *Salix*-rijke Phragmitetea vegetatie (subzone ZP-S1f). Met name de uitbreiding van taxa uit Phragmitetea vegetaties is karakteristiek voor toenemende waterdiepten (retrogressieve hydroserie). *Salix* is, beter dan *Alnus*, goed aangepast aan regelmatig sterk verticaal wisselende waterstanden (zoetwatergetijde milieu) en zeer natte condities. Als zeer lage waterstanden zijn opgetreden, dan duurden die zo kort dat dit niet tot uitdrukking is gekomen in de macrorestenassemblages. Aangenomen kan worden dat waar voorheen *Alnus* groeide nu *Salix* zich uitbreidde en dat waar voorheen *Salix* stond met name Phragmitetea vegetaties tot ontwikkeling kwamen. Het lijkt er dus op dat in de gehele vegetatie een vernatting optrad. Tenslotte verdween in het zuidelijk deel van Schokland *Salix* bijna uit de vegetatie en ontstond een Thelypterido-Phragmitetum / Magnocaricion vegetatie waarin lokaal wat *Alnus* groeide (ZP-S1g). Het Thelypterido-Phragmitetum ontwikkelt zich tegenwoordig uit *Carex*- (Magnocaricion) en *Phragmites*-vegetaties als opslag van *Alnus* en *Salix* wordt voorkomen, door afbranden of maaien van de vegetatie. De overgang van *Salix*-rijke Phragmitetea vegetaties, rijk aan indicatoren voor natte condities (*Menyanthes trifoliata*, *Hippurus vulgaris*, *Alisma plantago-aquatica*), naar *Alnus*-arme Thelypterido-Phragmitetum en Magnocaricion vegetaties in subzone ZP-S1g, wijst in de richting van successie en verlanding, en is tevens indicatief voor verminderde verticale grondwaterbewegingen. Met het wegvallen van sterke verticale grondwaterbewegingen zouden kleine gedeeltes van de vegetatie bijna permanent droogvallen en geschikt worden voor de groei van *Alnus*, terwijl de periodes met een relatief hoge waterstand in de natste delen van de voorafgaande *Salix*/Phragmitetea vegetatie te lang duurden voor de vitale ontwikkeling van *Salix*. Als daarnaast de stijging van de grondwaterstand vervolgens voortdurend minimaal even snel is geweest als de netto accumulatie van organisch materiaal, dan is de verjonging van *Alnus* en *Salix* in de vegetatie ook verhinderd en is de groei van Thelypterido-Phragmitetum vegetaties bevorderd.

Samenvattend lijkt er dus aanvankelijk een afname in de fluctuaties van de waterstand op te treden. Dit veroorzaakte een samenspel in de vegetatie van vernatting en verlanding/successie. Vervolgens zette het uitblijven van de fluctuaties door en ontwikkelde zich een milieu waarin, hoewel enige successie optrad in de vegetatie, de grondwaterstand te snel steeg om de ontwikkeling van een Elzenbroekbos vegetatie mogelijk te maken. Het lijkt er op dat in die fase de accumulatie van organisch materiaal de stijging van de grondwaterstand net kon bijhouden.

Processen: wegvallen fluctuaties van de grondwaterstand, stijging van het grondwater te snel voor broekbos ontwikkeling.

Fase Sch-2 (ca 5100-ca 4710 BP) Zegge-vegetaties met *Menyanthes*, detritus

(ZP-S2; ca 5180 BP- ca 4730 BP/ SRW1-S2c t/m SRW1-2f; ca 5290- ca 4710 BP/ OEW-S2 en OEW-S3a; ? - ca 4805 BP)

De organische lagen uit deze fase worden gekenmerkt door de goede preservatie van het organisch materiaal. Er ontwikkelden zich primair vegetaties die uit *Cyperaceae* bestonden. De fase is onder te verdelen in twee subfasen, waarbij met name de onderste subfase de genoemde karakteristieken vertoont.

Subfase Sch-2a (ca 5100-ca 4935 BP) Zeggevegetaties

(OEW-S2; SRW1-S2c; ZP-S2)

Tijdens deze fase groeit in de riviersectie (OEW-S2) het open water dicht met *Carex* vegetaties (*Magnocaricion*), die in aanvang een matig mesotroof karakter hadden (*Menyanthes trifoliata*). De stijging van het grondwater lijkt dus achter te blijven bij de netto accumulatie van organisch materiaal, maar de goede preservatie van de laag laat zien dat de stijging van de grondwaterstand minstens even snel is geweest als de netto organische accumulatie, zodat de veenvorming onder permanent natte condities plaatsvond. Na monster 440 gaat de successie (*Thelypterido-Phragmitetum/Magnocaricion*) weliswaar door maar treden er inundaties op tijdens korte periodes met hoge waterstanden (*Foraminifeer*) en wisselingen in het nutriënten aanbod, die tot het binnendringen van verstoringselementen (*Juncus spec.*) uitbreiding van *Phragmites australis* hebben geleid. De preservatie van het veen is dan nog steeds zeer goed en zeer lage waterstanden zullen dus niet of slechts zeer kort zijn opgetreden.

Op enige afstand van de rivier (SRW1-S2c) is *Menyanthes trifoliata* de belangrijkste veenvormer geweest in deze fase, samen met diverse *Carex*-soorten (*Magnocaricion*), terwijl tevens indicatoren voor contact met open water zijn aangetroffen (*Hydrocharito-Stratiotetum*). *Alnus* is dan volledig uit de vegetatie verdwenen. Deze ontwikkeling kan alleen worden gezien in het licht van een toename van de gemiddelde waterdiepten. Het grondwater kwam niet meer beneden het venig substraat, waardoor condities ontstonden die fataal zijn geweest voor *Alnus* in de vegetatie.

De overgang van *Thelypterido-Phragmitetum/Magnocaricion* naar *Thelypteris*-rijke *Cicuto-Caricetum pseudocyperi* en *Magnocaricion* vegetaties, die zich tijdens de overgang naar deze fase afspeelde in het zuidelijk deel van het studiegebied Schokland (ZP-S2), is juist het omgekeerde van de opeenvolging tijdens ideale successie (retrogressieve hydroserie). De vegetatie is teruggezet naar een voorafgaand stadium van beginnende verlanding en de gemiddelde waterdiepte is dus toegenomen, doordat de netto organische accumulatie de stijging van de grondwaterstand niet kon bijhouden. Als echte drijftillen zijn gevormd (*Cicuto-Caricetum pseudocyperi*) moet zelfs aan een abrupte en zeer snelle grondwaterstijging worden gebracht, waardoor de successie in feite opnieuw kon beginnen in en rond min of meer open water. Aanwijzingen hiervoor zijn de taxa uit het *Hydrocharito-Stratiotetum* die in open water tot ontwikkeling komen en in in tijd en ruimte vooraf gaan aan *Cicuto-Caricetum pseudocyperi* vegetaties.

Samenvattend kan gesteld worden dat in deze fase door een versnelling in de stijging van het grondwater ten opzichte van de netto accumulatie van organisch materiaal een vrijwel geheel uit *Carex*-soorten opgebouwde vegetatie ontstond. Dat in de riviersectie juist een verlanding optrad in deze fase, lijkt hiermee in tegenspraak. Het feit dat er tevens aanwijzingen zijn gevonden voor de afwezigheid van fluctuerende waterstanden, maakt het echter aannemelijk dat verminderde dynamiek in het riviersysteem een verlanding met drijftil-achtige vegetaties kan hebben veroorzaakt.

Subfase Sch-2b (ca 4935- ca 4710 BP) Detritus, zegge-vegetaties

(OEW-S3a; SRW1-S2d t/m SRW-S2f; ZP-S2)

In de riviersectie ontstond tijdens deze periode een situatie met open water (*Nuphar lutea*), waarin detritus is afgezet (OEW-S3a). De oevervegetatie bestond toen uit *Magnocaricion/Valeriano-Filipenduletum* vegetaties, waarin ook *Alnus* in toenemende mate aanwezig is geweest. Kennelijk werd de vorming van OEW-S2 onderbroken door een

versnelde stijging van het grondwaterniveau, die niet door de veenaccumulatie kon worden bijgehouden of door een vergrote dynamiek van het milieu de *Menyanthes*-rijke *Carex*-vegetatie zich niet kon handhaven. Omdat in de SRW1- en ZP-kernen (zie hieronder) blijkt dat eerder sprake was van een afnemende snelheid van de grondwaterstijging zal met name een vergrote dynamiek de toename van het areaal open water kunnen verklaren.

Op enige afstand van de rivier gaan tegelijkertijd in de aanwezige *Menyanthes trifoliata*-rijke *Magnocaricion* vegetaties allerlei indicatoren voor successie naar *Parvocaricetea* en/of *Caricetum acuto-vesicaria comaretosum* vegetaties een rol van betekenis spelen in de vegetatie (SRW1-S2d). Deze ontwikkeling is een vegetatieovergang uit een progressieve hydroserie en wijst op stagnerende grondwaterstanden en isolatie ten opzichte van rijkere milieu's. De stijging van het grondwater is kennelijk zover afgenomen dat van een verdere vernatting van het milieu geen sprake meer is. Vervolgens (SRW1-S2e) nemen de indicatoren voor *Parvocaricetea* en/of *Caricetum acuto-vesicaria comaretosum* af en worden vervangen door vegetaties die het best te omschrijven zijn als *Magnocaricion* en *Phragmition* vegetaties waarin ook ruderales kruiden en *Thelypteris palustris* aanwezig zijn geweest. Omdat tevens *Cladocera* gevonden zijn, is er sprake van enige fluctuaties in de waterstand (toenemende getijdeinvloed?). De overgang van *Parvocaricetea/Magnocaricion* naar *Phragmition/Magnocaricion* vegetaties, waarin overigens tevens *Cladium mariscus* voorkwam, lijkt te wijzen op een toegenomen pH en voedselrijkdom, in samenhang met de toegenomen verticale grondwaterbewegingen. Van een "normale" successie lijkt geen sprake omdat normaliter bij doorgaande successie eerder oligotrofe vegetaties zouden moeten ontstaan. Het voorkomen van ruderales kruiden wijst op het ontstaan van aanspoelgordels en verruiging van de vegetatie. Het binnendringen van *Filipendulion* soorten en *Alnus* in deze vegetatie, die hierna optrad op enige afstand van de rivier (SRW1-S2f), is wel indicatief voor een "normale" successie (progressieve hydroserie) en laat dus zien dat de stijging van het grondwater zover was afgenomen dat successie naar Elzenbroekbos kon optreden.

Ook in het zuidelijk deel van het studiegebied Schokland (ZP-kern) trad een ontwikkeling op naar Elzenbroekbos-vegetaties, die aanvankelijk vrij *Salix*-rijk waren. Door een gebrek aan gegevens valt hierover echter weinig meer te vermelden.

Samenvattend kan dus worden aangenomen dat onder invloed van een afnemende snelle grondwaterstijging, gepaard aan een vergroting van de fluctuaties in de grondwaterstand opnieuw open water ontstond in het riviersysteem. Verder van de rivier verwijderd leidde dit uiteindelijk tot successie in de vegetatie naar Elzenbroekbos.

Processen: Afnemende grondwaterstijging, toenemende fluctuaties van de grondwaterstand, successie.

Fase Sch-3 (ca 4710-ca 4400 BP) Detritus, Elzenbroekbos (OEW-S3b en OEW-S3c; SRW1-S3a en SRW3b; ZP-S3a)

In de riviersectie zijn in deze fase (OEW-S3b) in toenemende mate resten van *Alnus* gevonden (*Carici elongatae-Alnetum*), eerst samen met taxa die indicatief zijn voor *Phragmition* vegetaties en vervolgens samen met taxa uit *Magnocaricion* vegetaties. Omdat het materiaal is afgezet in open water (detritus), zullen de indicatoren voor *Carici elongatae-Alnetum* vegetatie afkomstig zijn uit de oevervegetatie, terwijl het open water tegelijkertijd eerst door *Phragmition* vegetaties en vervolgens door *Magnocaricion* vegetaties bezet is. Deze opeenvolging is een vrij normale gebeurtenis tijdens de verlanding in ondiep open water (progressieve hydroserie) en het lijkt dan ook zeer waarschijnlijk dat de stijging van het grondwaterpeil de netto accumulatie van weinig materiaal niet heeft overschreden. Uit de aanwezigheid van ruderales kruiden (*Urtica dioica*, *Lycopus europaeus* en *Eupatorium cannabinum*), *Alisma plantago-aquatica* en met name *Oenanthe aquatica*, die karakteristiek is voor afgesneden rivierarmen met sterk fluctuerende waterstanden en een droogvallend substraat nodig heeft voor de kieming (Westhoff et al., 1971) kan worden afgeleid dat er sprake was van fluctuaties in de grondwaterstand en dus voor een verhoogde dynamiek in het riviersysteem.

Op enige afstand van de rivier ontwikkelde zich in deze fase (SRW1-S3a) een vegetatie die voornamelijk was opgebouwd uit taxa die karakteristiek zijn voor *Carici elongatae-Alnetum* vegetaties, samen met taxa uit *Magnocaricion* en *Filipendulion* vegetaties. Omdat *Menyanthes trifoliata* tevens aanwezig is geweest moet er van worden uitgegaan dat er natte open plekken in het broekbos aanwezig waren en dat het milieu niet een sterk eutroof karakter had. Deze doorgaande ontwikkeling naar Elzenbroekbos is een normale gebeurtenis bij doorgaande

successie vanuit Magnocaricion vegetaties als externe factoren op het veenecosysteem geen rol van betekenis spelen (progressieve hydroserie). De stijging van het grondwaterniveau is in deze fase kennelijk zover afgenomen dat *Alnus* de kans kreeg om zich te manifesteren in de vegetatie.

Ver van de rivier ontstond ook een Elzenbroekbos-vegetatie, die daar in aanvang rijk was aan *Salix*-soorten. Het ontstaan van een Carici elongatae-Alnetum uit Cicuto-Caricetum pseudocyperi/Magnocaricion vegetaties vindt tegenwoordig ook plaats als externe invloeden op de vegetatie uitblijven en is dus op te vatten als een normale stap in de successie van open water naar terrestrische vegetaties (progressieve hydroserie). De stijging van de gemiddelde grondwaterstand is kennelijk zo ver afgenomen dat successie kon optreden. De aanwezigheid van *Oenanthe aquatica* (en in aanvang ook van *Salix*) suggereert het optreden van fluctuaties in de waterstand tijdens deze ontwikkeling.

Aan het einde van de Sch-3 fase breiden in de riviersectie (OEWS3c) Magnocaricion vegetaties zich sterk uit over de monsterlokatie, terwijl aanwijzingen voor de groei van *Alnus*-rijke oevervegetaties verdwijnen. Verder zijn diverse taxa uit Filipendulion vegetaties gevonden en is de afzetting beschreven als licht doorwortelde detritus. Het verdwijnen van *Alnus* is gemakkelijk te verklaren door aan te nemen dat dit taxon niet meer voorkwam in de vegetatie, maar het is ook zeer goed mogelijk dat het dichtgroeien van het (voordien) open water met Magnocaricion vegetaties een afnemende input van organisch materiaal uit "drogere" *Alnus*-rijke vegetaties heeft veroorzaakt. Het is anders moeilijk te bevatten dat er wel verlanding in de natste delen van de riviervlakte kon plaats vinden, terwijl in de oevervegetatie, waar reeds *Alnus*-vegetaties aanwezig waren in de voorafgaande fase (OEWS3b), geen verdere Elzenbroekbos vorming optrad. Tegelijkertijd ontwikkelde zich op enige afstand van de rivier (SRW1-S3b) een vegetatie waarin het aandeel van indicatoren voor Carici elongatae-Alnetum vegetaties afnam en dat voor Phragmitetea vegetaties toenam. Dit ging samen met het verdwijnen van *Menyanthes trifoliata* en het verschijnen van *Alisma plantago-aquatica*, waarschijnlijk een aanwijzing voor toenemende voedselrijkdom, vernatting van de vegetatie en/of sterkere fluctuaties van de grondwaterstand. De overgang naar Phragmitetea vegetaties lijkt tevens indicatief voor een toename van het aandeel natte en open plekken in het Carici elongatae-Alnetum.

Samenvattend vindt in de loop van fase Sch-3a een geleidelijke verlanding plaats in de riviersysteem, terwijl vanaf de aanvang van fase Sch-3a op enige afstand van en ver weg van de rivier successie naar Elzenbroekbos plaatsvond. Het lijkt er dus op of overal de stijging van de grondwaterstand zover was afgenomen dat *Alnus* kon overleven in de vegetatie. Tevens gaat deze ontwikkeling gepaard aan een fluctuaties in de waterstand en dus met een toename van de dynamiek in het riviersysteem. Aan het eind van deze fase lijkt in samenhang met een toenemende verlanding in het riviersysteem een geringe vernatting van de vegetatie op enige afstand van de rivier te zijn opgetreden.

Processen: Afnemende stijging van de grondwaterstand, successie, verlanding.

Fase Sch-4 (ca 4400- ca 3800 BP) Zegge-vegetaties en Elzenbroekbos
(OEWS4a t/m OEWS4d; ca 4295- ca 3860 BP/SRW1-S3c en SRW1-S4; ca 4365- ca 3775 BP/ ZP-S3b, ZP-S4, ZP-S5a en ZP-S5b; ca 4380 - ca 3910 BP)

Tijdens fase Sch-4 vind een vernatting plaats in de vegetatie en een overgang naar overwegend door *Cyperaceae* gedomineerde vegetaties. De fase is onderverdeeld in twee subzones. In de vroegste fase is *Alnus* lokaal nog in de vegetaties vertegenwoordigd, terwijl in de jongste fase *Alnus* vrijwel geheel uit het vegetatiebeeld is verdwenen.

Subfase Sch-4a (ca 4400- ca 4000 BP) Zegge-vegetaties en Elzenbroekbos

(OEWS4a en OEWS4b; SRW1-S3c; ZP-S3b en ZP-S4)

Tijdens deze fase is in de riviersectie eerst de monsterlokatie compleet dichtgegroeid met Magnocaricion vegetaties, waarin tevens *Alnus* aanwezig was (OEWS4a). Dit getuigt van een doorgaande successie en toont verder aan dat het ontbreken van *Alnus* in subzone OEWS3c inderdaad te wijten is aan verminderd contact met *Alnus*-rijke vegetaties. Vervolgens verdwijnt *Alnus* geheel uit de Magnocaricion vegetatie (OEWS4b), terwijl nu *Menyanthes trifoliata* resten en aanwijzingen voor successie in de richting van Parvocaricetea vegetaties zijn gevonden. De overgang naar Parvocaricetea /Magnocaricion vegetaties is te verklaren door

stabielere grondwaterstanden aan te nemen. Dit zou dan tevens de verklaring voor het verdwijnen van *Alnus* zijn. Een sterke toename van de gemiddelde grondwaterstand is verder niet uitgesloten maar niet persé noodzakelijk om de geconstateerde vegetatieovergang te verklaren.

Op enige afstand van de rivier kon *Alnus* zich gedurende deze fase nog handhaven en brak er een fase aan waarin eerst *Thelypteris palustris* en *Lythrum salicaria* zich uitbreidden, gevolgd door een fase waarin opnieuw een vegetatie van *Alnus* en *Phragmitetea* met *Alisma plantago-aquatica* ontstond, maar waarin tevens *Menyanthes trifoliata* aanwezig was. Er trad dus eerst verlanding met *Thelypteris palustris* op. De verdringing in de vegetatie van *Alnus* door *Thelypteris* kan verklaard worden door stabielere grondwaterstanden aan te nemen, waardoor de vitale groei van *Alnus* onmogelijk werd gemaakt. Dit houdt wel in dat dit gepaard is gegaan met enige vernatting van het milieu. Vervolgens ontstond een zeer nat en open Elzenbroekbos waarin *Alisma plantago-aquatica* en *Menyanthes trifoliata* zich konden vestigen. Omdat *Menyanthes trifoliata* niet vitaal tot ontwikkeling komt als het substraat regelmatig droogvalt (Weeda et al., 1988), moet worden aangenomen dat sprake was van relatief stabiele grondwaterstanden. De aanwezigheid van *Alnus* in dit natte milieu wijst er op dat de stijging van het grondwater niet sneller was dan de netto accumulatie van organisch materiaal, waardoor toch enige successie kon plaats vinden in de vegetatie.

Ver van de rivier, in het zuidelijk deel van het voormalig eiland Schokland, vond tegelijkertijd een overgang plaats naar een nat *Salix*-rijk *Carici elongatae-Alnetum* (ZP-S3b). Dit wijst niet alleen op een vernatting van het milieu, maar tevens op een toename van de grootte en de frequentie van de verticale waterbewegingen, omdat *Salix* beter dan *Alnus* is afgestemd op deze condities. Of de vernatting ook samenhang met een versnelde stijging van de lokale grondwaterstand is niet echt uit te maken, maar gezien de hieropvolgende vegetatieontwikkeling niet onwaarschijnlijk. Hoewel *Salix* lokaal nog aanwezig bleef, ontstond vervolgens (ZP-S4) namelijk een vegetatie die zich het best als *Cicuto-Caricetum pseudocyperi thelypteridetosum* laat omschrijven. Het gevormde veen is vrij goed geconserveerd, wat op vrij natte condities tijdens de sedimentatie wijst. De opeenvolging van *Carici elongatae-Alnetum* naar *Cicuto-Caricetum pseudocyperi* vegetaties lijkt erg op de vegetatieontwikkeling tijdens de overgang van fase Sch-1 naar Sch-2 (Subzone ZP-S1g naar Zone ZP-S2). Aangenomen moet worden dat of de stijging van de grondwaterstand te snel was of de waterstand te weinig fluctueerde voor de vitale ontwikkeling van Elzenbroekbos, waardoor dit vernatte en bedekt raakte met *Carex*-vegetaties die rijk aan *Thelypteris palustris* waren. De taxa uit het *Hydrocharito-Stratiotetum* (5Bb1) en *Potameto-Nupharetum* (5Ab2) wijzen op korte periodes met zeer hoge waterstanden en/of contact met open water.

Samenvattend blijkt dus dat in deze fase het riviersysteem verlandde met *Magnocaricion* vegetaties. In aanvang veroorzaakte dit op enige afstand van de rivier een uitbreiding van *Thelypteris* in de aanwezige Elzenbroekbossen en ver van de rivier een vernatting van de Elzenbroekbossen gepaard aan de uitbreiding van *Salix*. Het lijkt aannemelijk dat een verminderde dynamiek in het riviersysteem daar de verlanding van het open water heeft bevorderd; hierdoor, of door een meer algemene oorzaak, is het tevens tot stabielere grondwaterstanden buiten het riviersysteem gekomen. Een aanhoudende afwezigheid van fluctuerende grondwaterstanden veroorzaakte in het riviersysteem een overgang naar *Parvocaricetea/Magnocaricion* vegetaties en ver van de rivier het ontstaan van goed gepreserveerde *Carex*-venen. Dat in deze fase nog steeds Elzenbroekbos op enige afstand van de rivier groeide is moeilijker te verklaren. Hieruit zou kunnen worden opgemaakt dat de stijging van het grondwater niet sneller is geweest dan de netto accumulatie van organisch materiaal in deze fase. Omdat verder *Menyanthes* in deze Elzenbroekbos-vegetatie aanwezig was lijkt ook op enige afstand van de rivier sprake van relatief stabiele waterstanden. Processen: afnemende fluctuaties van de grondwaterstand, vernatting.

Subfase Sch-4b (ca 4000- ca 3800 BP) Zegge-vegetaties (OEWS4c en OEWS4d; SRW1-S4; ZP-S5a en ZP-S5b)

In het riviersysteem trad in deze subfase een overgang op naar *Parvocaricetea/Phragmitetea* vegetatie, waarin tevens *Salix* lokaal aanwezig is geweest. Met name de aanwezigheid van *Carex flava* wijst op de ontwikkeling van kalkrijke trilveenmoerassen met een constante waterstand (Westhoff en Den Held, 1975) en bevestigt daarmee de vermeende oorzaak van het verdwijnen van *Alnus* in de voorafgaande fasen. Het optreden van *Salix* in deze vegetatie en de

successie naar trilveenvegetaties toont verder aan dat de stijging van het grondwaterpeil niet sneller is geweest dan de accumulatie van weinig materiaal. Het ontstaan van trilvenen wordt normaliter in verband gebracht met kwel van kalkrijk water uit de ondergrond (Westhoff et al., 1971). Van Wirdum (1991) toonde echter aan dat het optreden van zogenaamde kwelindicatoren eerder samenhangt met de kalkrijkdom van het milieu dan met de kwel zelf. Mogelijk impliceert dit dat trilvenen ook als gevolg van andere kalkbronnen (water van mariene herkomst?) kunnen ontstaan. Volgend op de trilveenvegetatie ontstond uiteindelijk een *Phragmites*-rijke *Phragmitetea* vegetatie met *Menyanthes trifoliata* (OEWS4d). De aanwezigheid van *Phragmites* lijkt te wijzen op een zekere verrijking van de vegetatie en/of toegenomen waterdiepten in de vegetatie. Omdat de *Menyanthes trifoliata* resten echter wijzen op overwegend natte en vooral niet te eutrofe condities, lijkt een verrijking als oorzaak van deze ontwikkeling, die niet past in het beeld van normale doorgaande trilveenontwikkeling, niet te aanvaarden en moet eerder gedacht worden aan toegenomen waterdiepten op de monsterlokatie. De stijging van het grondwater is dus te snel geweest voor een doorgaande successie.

De samenstelling van de vegetatie op enige afstand van de rivier tijdens de vorming van Sch-4b (zone SRW1-S4) is het best als *Phragmitetea* vegetaties te omschrijven. Eerst kwam een *Cicuto-Caricetum pseudocyperi*-achtige vegetatie tot ontwikkeling (monster 508, zone SRW1-S4), waarbij taxa uit diverse stadia van drijftilontwikkeling tegelijkertijd aanwezig zijn geweest. Omdat drijftillen vanuit open water ontstaan en er voorafgaand aan deze vegetatie ter plaatse geen open water aanwezig was, lijkt het niet aannemelijk dat de vegetatie van monster 508 in werkelijkheid drijftilvormend is geweest. Het is waarschijnlijker dat een mozaïekachtige vegetatie met natte plekken met jonge drijftilsoorten (en *Nymphaea*, zie SRW1-S4) en drogere plekken met oudere drijftilsoorten op en rond de monsterlokatie aanwezig is geweest. De coëxistentie van *Cladocera* en schimmel-vruchtlichamen is op dezelfde manier te verklaren, hoewel verticale waterbewegingen hieraan ook debet kunnen zijn geweest. De overgang van (natte) *Carici elongatae-Alnetum* vegetatie naar *Cicuto-Caricetum pseudocyperi*-achtige vegetaties past niet in het beeld van een normale successie onder gelijkblijvende externe condities (retrogressieve hydroserie) en moet dus zijn oorsprong hebben in een toegenomen stijging van het grondwaterniveau, die niet door de veenvorming kon worden bijgehouden. Het verdwijnen van drijftilsoorten tijdens de overgang naar *Phragmition* vegetaties wijst op voortdurend natte condities en hoge waterstanden. De stijging van het grondwater was kennelijk te snel voor de vitale ontwikkeling van moerasbos.

Ver van de rivier ontwikkelde zich in deze fase aanvankelijk een *Salix*-rijk *Magnocaricion* vegetatie (subzone ZP-S5a), gevolgd door een *Frangulo-Salicetum auritae* vegetatie (subzone ZP-S5b). Gedurende deze ontwikkelingen had het milieu min of meer een mesotroof karakter. Er trad dus successie op naar boomrijke vegetaties. Omdat het milieu in een *Frangulo-Salicetum auritae* relatief zuur, mesotroof en erg nat is (Westhoff en Den Held, 1975) trad hernieuwde groei van *Alnus* niet op. De vele schimmel-vruchtlichamen die in het veen van subzone ZP-S5b gevonden zijn, wijzen of op een sterke omzetting van organisch materiaal in het *Frangulo-Salicetum auritae* of op inspoeling van deze resten, als gevolg van de relatief hoge waterstanden.

Samenvattend wijst de samenstelling van de vegetaties op alle monsterlokaties in deze fase op toenemende waterdiepten. Het lijkt aannemelijk dat dat veroorzaakt is door een versnelling in de stijging van de grondwaterstand.

Processen: Toenemende waterdiepten, vernatting.

Fase Sch-5 (ca 3800 - ca 3650 BP) *Betula/Myrica*-vegetaties (OEWS5; SRW1-S5; ZP-S5c)

Zowel in de riviersectie (OEWS5), als op enige afstand van de rivier (SRW1-S5) en op grote afstand van de rivier (ZP-S5c) ontwikkelde zich een *Myrica gale*-rijke *Betuletum pubescentis* vegetatie, die kenmerkend is voor relatief voedselarme, mesotrofe omstandigheden (Westhoff en Den Held, 1975). De overgang van *Phragmites*-vegetaties naar mesotrofe *Betula*-vegetaties in en op enige afstand van het riviersysteem en van natte *Salix* vegetaties naar *Betula* vegetaties ver van de rivier houdt een relatief abrupte verandering in. Het is dan ook waarschijnlijk dat in fase Sch-5 de stijging van de grondwaterstand belangrijk trager is verlopen dan in de voorafgaande fase, waardoor successie naar terrestrische vegetatietypen mogelijk werd. Isolatie alleen zou eerder een snelle overgang naar *Sphagnum*-venen hebben bewerkstelligd,

omdat de condities dan te nat blijven voor de ontwikkeling van *Betula-Myrica* vegetaties (zie ook inleiding hoofdstuk 2).

Processen: verarming, isolatie, successie, sterke afname van de stijging van de grondwaterstand.

Fase Sch-6 (ca 3650-ca 3400 BP) *Phragmites* vegetaties

(OEWS-6; ca 3655- ca 3460 BP/SRW1-6; ca 3665- ca 3660 BP/ ZP-6a, ZP-6b en ZP-6c; ca 3680- ca 3400 BP)

Samenhangend met een vergrote invloed van marien water op het ecosysteem, met name in en langs het rivierdal (*Foraminiferae* !), ontwikkelde zich een Scirpo-Phragmitetum vegetatie in de riviersectie (OEWS-6). Dat dit samenging met een toegenomen kalkrijkdom of een verhoging van de pH van het grondwater dan wel het optreden van waterspiegelschommelingen blijkt uit de uitbreiding van *Cladium mariscus* in de vegetatie. Hoewel het Scirpo-Phragmitetum indicatief is voor toegenomen voedselrijkdom en waterdiepten, suggereert de aanwezigheid van enkele ruderaal kruiden ook min of meer droogvallend substraat en inspoeling van organisch materiaal in de vegetatie. Omdat tevens veel *Cladocera* gevonden zijn is het waarschijnlijk dat periodes met lage waterstand afgewisseld werden met periodes met hogere waterstanden en de vorming van aanspoelgordels. Hoewel *Cladocera* droge periodes als cyste kunnen overleven, impliceert hun aanwezigheid tevens dat sterke verticale grondwaterbewegingen of periodes met zeer lage waterstanden niet dagelijks optraden.

Ook in de vegetatie op enige afstand van het riviersysteem werden de Betuletum pubescentis vegetaties vervangen door Phragmitetum vegetaties (met name *Phragmites australis*); tijdens inundaties kwamen hierin *Foraminiferae* terecht. *Phragmites*-vegetaties zijn karakteristiek voor eutrofe en zeer natte condities. De toenemende trofiegraad hangt samen met de inundaties die hebben plaatsgevonden. Aanwijzingen voor een duidelijke vernatting zijn echter niet aangetroffen. Sterker nog, er zijn aanwijzingen (*Urtica urens*) dat langdurige periodes met lage waterstanden de overhand hadden. Het lijkt er dus op dat alleen een verhoogde trofiegraad als gevolg van periodieke inundaties verantwoordelijk is geweest voor de geconstateerde vegetatieovergang.

Ver van de rivier ontstonden ook Phragmitetum vegetaties, gevolgd door Magnocaricion vegetaties. Omdat in aanvang *Betula* lokaal aanwezig is gebleven, is een snelle grondwaterstijging, en daarmee samenhangende toenemende waterdiepten, niet verantwoordelijk geweest voor het binnendringen van met name *Phragmites australis* in de *Betula*-rijke vegetatie. De oorzaken hiervoor moeten gezocht worden in een verrijking van het milieu door een, blijkens de aangetroffen *Foraminiferae*, toegenomen mariene invloed. De veenaccumulatie is in aanvang daarom minstens even snel geweest als de stijging van de grondwaterspiegel. Doorgaande successie naar hoogveen vegetaties kon door de verrijking niet plaatsvinden. Volgend op de *Betula*-rijke Phragmitetum vegetaties ontstond na ca 3580 BP eerst een Caricetum paniculatae en vervolgens een Cladietum marisci. Omdat de voedselconditie overwegend aan de mesotrofe kant moeten zijn geweest in deze fase (*Lychnis flos-cuculi*, *Hydrocotyle vulgaris*) is het ontstaan van Caricetum paniculatae vegetaties uit *Betula*-rijke vegetaties alleen te verklaren door verhoogde grondwaterstanden aan te nemen. De toenemende hoeveelheden *Cladocera* bevestigen deze gedachte. Hoewel *Cladium mariscus* meestal indicatief is voor kalkrijke condities, is de overgang naar Cladietum marisci vegetaties vanuit Caricetum paniculatae vegetaties niet te verklaren door een vergrote kalkrijkdom aan te nemen, omdat ook indicaties voor relatief zure condities gevonden zijn (*Myrica gale*, *Hydrocotyle vulgaris*). Mogelijk hebben de vele branden, getuige het vele houtskool en de vele verbrande plantenresten in subzone ZP-6c, de groei van *Cladium* gestimuleerd. Het is bekend dat *Cladium* een sterke concurrentiekracht heeft als de vegetatie herhaaldelijk wordt afgebrand (Conway, 1942). De aanwijzingen voor een doorgaande vernatting zijn ook nog aanwezig in deze *Cladium*-vegetaties en het is dus niet uit te sluiten dat de stijging van de grondwaterstand iets sneller is verlopen dan de accumulatie van weinig materiaal.

Samenvattend blijkt dat in deze fase een sterke verrijking van het milieu is opgetreden als gevolg van inundaties met marien water. Omdat in het zuidelijk deel van het studiegebied *Betula* zich nog langdurig kon handhaven, ondanks de inundaties, en daarenboven in de overige secties ruderaal kruiden zijn gevonden die indicatief zijn voor relatief droge condities (*Eupatorium cannabinum* en *Urtica urens*), zijn de inundaties niet gepaard gegaan aan een sterke verhoging van de grondwaterstand. Alleen in het zuidelijk deel van het studiegebied zijn

aanwijzingen gevonden voor toenemende waterdiepten na ca 3580 BP. Er treden dan echter geen inundaties meer op.

Processen: mariene inundaties, verrijking.

Fase Sch-7 (vanaf ca 3400 BP) Oligotrofe vegetaties

(OEWS-7 en OEWS-8; SRW1-S7; ZP-S7)

Isolatie ten opzichte van de verrijkende invloeden veroorzaakte in deze fase in de riviersectie (OEWS-7) de ontwikkeling naar meso- en oligotrofe vegetaties. Alvorens deze volledig tot ontwikkeling kwamen, ontstond eerst een vegetatie die uit *Myrica gale* en *Cladium mariscus* bestond. De oligotrofe veenvorming, die hierop volgde na ca 2080 BP en met name na ca 1880 BP, vond plaats onder relatief droge condities, waardoor met name *Ericaceae* de belangrijkste veenvormers waren. Uiteindelijk verdrong deze vegetatie (OEWS-7d en OEWS-8) en kon door een voortdurende verrijking opnieuw een laagveenvegetatie tot ontwikkeling komen. Uit het feit dat zich in aanvang langdurig een *Myrica/Cladium* vegetatie handhaafde en daarna onder relatief droge condities een hoogveenvegetatie tot ontwikkeling kwam, zou kunnen worden afgeleid dat de lokatie langdurig in contact is gebleven met relatief voedselrijk water en dat vervolgens de afwatering van het onstane hoogveen vrij goed is geweest. Uit profiel V blijkt dan ook dat de lokatie in deze fase voortdurend zowel in de nabijheid van eutrofe oevervegetaties (*Phragmites-Carex* vegetaties) en oligotrofe *Sphagnum/Ericaceae* vegetaties heeft gelegen. Kennelijk vormde de lokatie de overgangszone tussen de twee genoemde milieus.

Op enige afstand van de rivier (SRW1-kern) ontstond in deze fase snel een vegetatie die min of meer als voedselarme hoogveenvegetatie is op te vatten (*Ericaceae*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum* spec., *Myrica gale*, etc.). Er vond echter nog geen volledige isolatie ten opzichte van voedselrijk water plaats, waardoor een strikt oligotrofe vegetatie niet tot ontwikkeling kon komen. Pas na subzone SRW1-S7a is het milieu oligotroof genoeg voor de uitbreiding van oligotrafente taxa, die dan ook vrij snel tot ontwikkeling kwamen. Na de vorming van subzone SRW1-S7b was het milieu eigenlijk al niet meer echt oligotroof. Voortdurend zijn taxa gevonden die hiervan blijk geven (*Eleocharis palustris*, *Menyanthes trifoliata* etc.). Dit is niet vreemd gezien de topografische ligging van de monsterlokatie in de nabijheid van open water gedurende deze periode (Wiggers, 1955). De lokatie moet de overgang hebben gevormd tussen voedselrijke oevervegetaties en echte oligotrofe vegetaties ten westen van Schokland.

Ver van de rivier ontwikkelde zich een wel een oligotrafente vegetatie. Eerst domineerde *Sphagnum* de vegetatie (ZP-S7a), gevolgd door *Molinia coerulea* (ZP-S7b). Vervolgens waren *Ericaceae* en *Eriophorum vaginatum* de belangrijkste veenvormers (ZP-S7c/ZP-S7e), één keer onderbroken door een vegetatie die wederom voornamelijk uit *Sphagnum* bestond (ZP-S7d). Omdat in deze fase het grootste deel van de Noordoostpolder met een oligotroof veen bedekt raakte (Wiggers, 1955), zal de grondwaterstand in het hoogveencomplex op de monsterlokatie weinig beïnvloed zijn door externe factoren en dus vooral bepaald zijn door de hoeveelheid effectieve neerslag in vegetatie. De successie naar oligotrofe vegetaties vangt aan met de massale groei van *Sphagnum* in de Cladietum marisci vegetatie. De sterke verzuring en verarming die veroorzaakt moet zijn door de uitbreiding van *Sphagnum* zal mede verantwoordelijk zijn geweest voor het verdwijnen van *Cladium mariscus*. Tevens toont dit aan dat de gemiddelde waterstanden in het Cladietum marisci nooit erg hoog zijn geweest of dat er een verlaging van het grondwaterpeil heeft plaatsgevonden bij het begin van de hoogveenvorming. Een doorgaande relatieve verlaging van de grondwaterstand kan dan ook de uitbreiding van *Molinia* over de *Sphagnum* vegetaties verklaren. Deze overgang lijkt echter zo abrupt dat het moeilijk is de verlaging van de grondwaterstand te verklaren uit een afname van de hoeveelheid effectieve neerslag. Mogelijk heeft e.e.a. te maken met aantasting van de rand van het veengebied, waardoor de lokale grondwaterstand kan zijn verlaagd. De overgang naar door *Ericaceae* gedomineerde vegetaties wijst op een doorgaande successie onder relatief droge omstandigheden. De korte onderbreking van deze vegetatie door de ontwikkeling van *Sphagnum*-veen en het weer terugkeren van de *Ericaceae*-vegetatie is mogelijk wel veroorzaakt door wisselingen in de hoeveelheid effectieve neerslag in het hoogveencomplex. Dergelijke afwisselingen (*Ericaceae/Sphagnum*) zijn namelijk ook waargenomen in terrestrische hoogvenen, waar zij primair worden veroorzaakt door wisselingen in het klimaat gedurende het Holoceen (zie o.a. Van Geel, 1978).

Samenvattend blijkt in deze fase een ontwikkeling naar oligotrofe vegetaties te zijn opgetreden. Verder blijkt dat naar mate de afstand tussen de vegetatie en het aanwezige open water toenam, het milieu sneller en vollediger verarmde.
Processen: verarming, isolatie.

3.7.6 Discussie

De oorzaken van de veranderende samenstelling van de veenvormende vegetatie in het studiegebied Schokland kunnen worden verklaard door de invloed van veranderende milieuomstandigheden tijdens de sedimentatie en sedimentatie van organisch materiaal. De oorzaken voor de afwisseling tussen vernatting van de veengebieden en successie in de vegetatie van deze gebieden, moet gezocht worden in factoren als de verhouding tussen netto organische accumulatie en mate van grondwaterstijging, de afwisseling tussen stabiele en fluctuerende waterstanden en de beschikbaarheid van nutriënten in het milieu.

Uit de beschrijving van de vegetatieontwikkeling op de drie monsterlokaties kan het volgende worden afgeleid. Ten eerste blijkt dat het type initieel basisveen dat gevormd wordt op het Pleistocene substraat afhankelijk is van de lokatie in het verdrinkend landschap en de processen die zich op dat moment in het landschap afspelen. Zo begint de veenvorming in de SRW1-kern met een *Betula*-rijk moerasbos, indicatief voor een relatief mesotroof milieu en stagnerende grondwaterstanden, terwijl in de ZP-kern het initiële veen is gevormd in een nat en open Elzenbroekbos. Mogelijkerwijze trad er tijdens de vorming van het initiële veen in de SRW1 kern een geringe nutriëntenuitwisseling plaats in het milieu, waardoor de beginnende veenvormende vegetatie vooral van het relatief voedselarme substraat afhankelijk was voor zijn nutriëntenvoorziening. Door het ontbreken van een datering van de basis van de SRW1-kern zijn betere verklaringen niet mogelijk.

Ten tweede wijzen de gegevens er op dat in fasen met verlanding van het open water in het riviersysteem (subfasen Sch-1b, Sch-2a, Sch-4b), buiten het riviersysteem steeds een vernatting van het milieu optrad. Dit valt te verklaren door aan te nemen dat verlanding van het open water in het riviersysteem niet zozeer het gevolg is van een hoge netto organische produktie ten opzichte van de snelheid van de waterspiegelstijging, maar veeleer van een afname in de dynamiek van het milieu, waardoor er in plaats van detritusaccumulatie veengroei kon gaan optreden. In hoofdstuk 4 wordt op dit aspect, dat samenhangt met een afname van de getijdebeweging en van de drainage in het gebied ten gevolge van isolatie ten opzichte van het kustsysteem, nader ingegaan. Omdat *Betula* en *Alnus* tijdens de vernattingen in de veengebieden geen rol van betekenis speelden in de vegetatie, moet worden aangenomen dat de vernatting de tolerantiegrenzen (drempelwaarde) van genoemde taxa heeft overschreden. De vernatting is dus naar het zich laat aanzien snel verlopen, hetgeen wijst op een duidelijke versnelling in de stijging van de grondwaterstand. Dit geldt met name voor fase Sch-2a, in welke de conservatie van het ontwikkelde veen zeer goed is.

Ten derde blijkt dat er in fasen met veel open water in het riviersysteem, buiten het riviersysteem juist successie naar Elzenbroekbos optrad (Sch-1c, Sch-3). Het ontstaan van open water in het riviersysteem hangt samen met een verhoogde dynamiek in het milieu en relatief sterke fluctuaties van de waterstand. In hoofdstuk 4 zal aannemelijk worden gemaakt dat het hierbij om getijdeinvloed gaat, in samenhang met een verbeterd contact met het kustgebied. Deze ontwikkeling leidde ook tot een verbeterde drainage; het optreden van successie naar Elzenbroekbos wijst in dit verband op een zekere afname in de stijging van de grondwaterstand die hiervan het gevolg zal zijn geweest. Ten vierde treedt er na ca 3800 BP overal in het gebied een overgang op naar vegetaties die gedomineerd worden door *Betula* en *Myrica* (Sch-5). Omdat er voorafgaand aan deze ontwikkeling eerst overal een zekere vernatting is opgetreden in de vegetatie (Sch-4b), lijkt het ontstaan van deze relatief voedselarme *Betula*-vegetatie te wijzen op een nogal abrupte afname in de stijging van de grondwaterstand en een snelle verarming van het milieu. De percentages van de als marker toegevoegde *Lycopodium* sporen in de pollensom nemen na 3800 BP sterk af. Dit betekent dat de absolute hoeveelheid boompollen per kubieke cm veen sterk toe is genomen. Omdat de *Lycopodium* -percentages ook laag blijven als de lokale bomen (*Betula*, *Myrica*, *Alnus* en *Salix*) uit de pollensom worden gehouden, moet worden aangenomen dat de sedimentatiesnelheid van het veen na 3800 BP belangrijk is afgenomen.

Tenslotte lijkt de overgang van *Betula*-rijke vegetaties naar *Phragmites*-rijke vegetaties in zone Sch-6, die gepaard is gegaan aan inundaties met kleihoudend water van mariene herkomst (*Cardium* klei), tevens te wijzen op een vernatting van de vegetatie en dus op een versnelling in de stijging van het grondwater. Omdat echter relatief veel indicatoren voor droogvallend substraat, omzetting van organisch materiaal en de vorming van aanspoelgordels zijn gevonden (*Urtica*, *Eupatorium*, houtskool; zie Bohncke in: Schoute, 1984)) en tevens *Betula* zich ver van de rivier (ZP-kern) nog langdurig kon handhaven ondanks de inundaties en het binnendringen van *Phragmites* in de vegetatie, is het waarschijnlijker dat met name de verrijkende werking van de inundaties de geschetste vegetatieovergang heeft bepaald. Dit wordt bevestigd door de archaeologische gegevens van kavel P13. In werkput 1989-17 (westprofiel) en in werkput 1989-8 (oostprofiel) (IPP documentatie; mondelinge mededelingen van T. Ten Anscher en eigen waarnemingen) blijken in de *Cardium* klei diverse haardplaatsen, en zelfs stoofkuilen, aanwezig te zijn die later weer afgedekt zijn door *Cardium* klei, terwijl tevens een snelle afwisseling van klei en humeuze bandjes is vastgesteld in de *Cardium* klei afzettingen. Dit wijst op deels seizoensgebonden fluctuaties van de waterstand en langdurige periodes (zomer ?) met lage waterstanden. De snelle successie naar oligotrofe vegetaties in zone Sch-7 kan dan verklaard worden door isolatie ten opzichte van de verrijkende invloeden en hoeft niet veroorzaakt te zijn door een afname in de grondwaterstijging. Er lijkt in de ZP-kern zelfs een versnelde stijging van de grondwaterstand op te treden in de fase tussen de *Phragmites* vegetaties uit fase Sch-6 en de oligotrofe vegetaties uit fase Sch-7.

3.8 Vergelijking van de studiegebieden

Vergelijking van de ontwikkeling in beide deelgebieden in de tijd laat het volgende zien (zie fig 3.9). Ten eerste blijkt dat tijdens de fase met natte *Cladium*-vegetaties bij Urk (fase D56-U2), ook bij Schokland in toenemende mate sprake is van vernatting van het milieu (Sch-1d, Sch-2a). Verder blijkt dat zodra de mariene invloed zich doet gelden in het studiegebied Urk (D56-U3), bij Schokland juist sprake is van toenemende successie in de vegetatie (Sch-2b, Sch-3). De fase waarin de mariene invloed op de vegetatie bij Urk maximaal is, valt zelfs samen met de periode waarin de successie naar Elzenbroekbos bij Schokland goed doorzet (Sch-3). Nadat de directe mariene invloed op de vegetatie bij Urk verdwenen was en op uitgebreide schaal *Cladium*-vegetaties de voordien aanwezige *Phragmites*-rijke vegetaties vervingen (D56-U4), vernatte bij Schokland de Elzenbroekbos-vegetatie, terwijl het gebied met open water in het riviersysteem verlandde (Sch-4a). Voor het samenvallen van enerzijds verhoogde mariene invloed bij Urk met het optreden van successie bij Schokland en van anderzijds het verdwijnen van de mariene invloed bij Urk met verdrinking bij Schokland komt o.i. de onderstaande verklaring het meest in aanmerking. Aangenomen moet worden dat verhoogde mariene invloed leidt tot een verhoogde dynamiek in het riviersysteem (getijdewerking) en tot een verbeterde afwatering van het omringende veengebied. Omgekeerd resulteerde het verdwijnen van de mariene invloed in een verminderde dynamiek in het riviersysteem, met als gevolg een verlanding van het aanwezige open water. Hierdoor en door het geheel of gedeeltelijk buiten werking raken van de met het getijdesysteem verbonden geulen verslechterde de afwatering van de omringende veengebieden in belangrijke mate, zodat er zich een lokale, verhoogde, waterspiegel kon instellen.

Verder kan uit de pollengegevens worden afgeleid, dat tijdens de overgang naar *Betula*-rijke vegetaties bij Urk een sterke daling van de sedimentatiesnelheid is opgetreden (zie § 3.6.3). Volgens de geëxtrapoleerde dateringen valt deze fase (Urk-5) precies in een fase van aanzienlijke vernatting bij Schokland (Sch-4b). Het verdwijnen van de verrijkende mariene invloed in fase Urk-5 resulteerde in maximale verlanding en successie in het gebied bij Urk. Bij Schokland resulteerde de verminderde mariene invloed blijkbaar tevens in een verslechterde afwatering. Het dichtgroeien respectievelijk volsedimenteren (detritus) van het drainagesysteem bij Urk zal daar mede debet aan zijn geweest. Op het moment dat bij Urk de vegetatie geheel uit oligotrafente taxa bestaat, ontstaan bij Schokland *Betula*-rijke vegetaties. Er van uitgaande dat de vorming van oligotrofe vegetaties aangeeft dat de verlanding in het geulensysteem bij Urk op dat moment maximaal was, dan is het plausibel dat vanaf dat moment de afwatering van de veengebieden bij Schokland niet verder kon verslechteren en dat een snelle successie naar *Betula*-rijke vegetaties kon optreden.

4 De ontwikkeling van het waterniveau

4.1.1 Inleiding

Eén van de meest bepalende factoren in de Holocene ontwikkeling van het Noordoostpoldergebied is de voortdurende stijging van de lokale grondwater- (en oppervlaktewater-) spiegel. Deze stijging hangt uiteraard nauw samen met de postglaciale zeespiegelrijzing. Ten gevolge van lokale effecten kunnen er echter zekere afwijkingen zijn opgetreden ten opzichte van de stijging van het gemiddeld zeeniveau zoals die door Jelgersma (1979) en Van de Plassche (1982) voor het Nederlandse kustgebied is gereconstrueerd. Teneinde een voor het onderzoeksgebied zoveel mogelijk representatief beeld te verkrijgen van de ontwikkeling van het waterniveau zijn op verschillende diepten monsters van de onderzijde van het basisveen verzameld en met behulp van de C-14 methode gedateerd. Uitgangspunten bij deze benadering zijn dat a) de verticale positie van de onderzijde van het basisveen, dat direct op het Pleistocene substraat rust, na de vorming niet meer door compactie is gewijzigd (vgl. Jelgersma, 1961), en b) het optreden van initiële veengroei op het Pleistocene substraat een representatieve maat is voor de toenmalige grondwaterstand. Op beide aspecten wordt hieronder nader ingegaan.

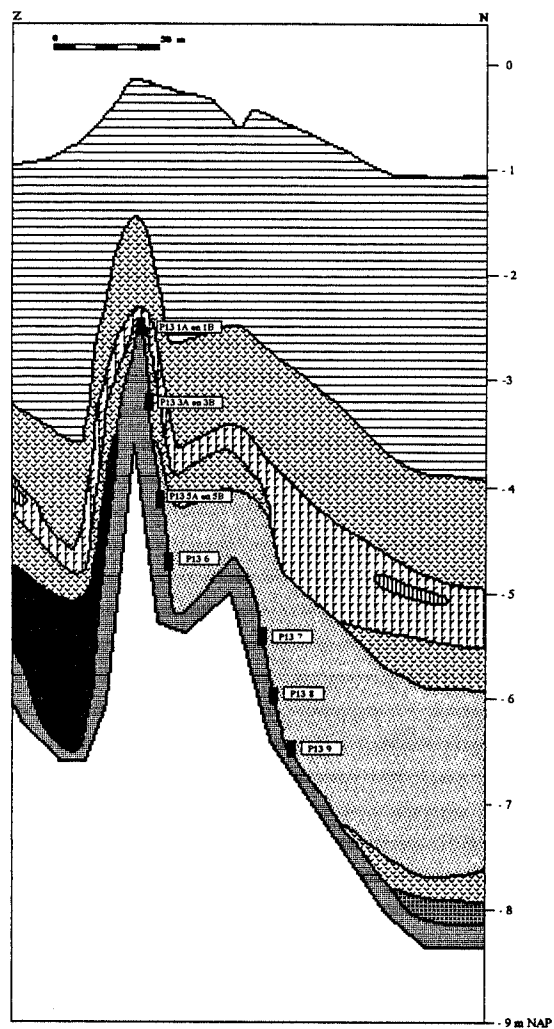
De samenstelling en ouderdom van de gedateerde monsters zijn aangegeven in tabel appendix B. Calibratie van de C-14 dateringen is verricht met behulp van het Computer-programma van het Centrum voor Isotopenonderzoek te Groningen (Van der Plicht en Mook, 1989).

4.1.2 Monsterlokaties

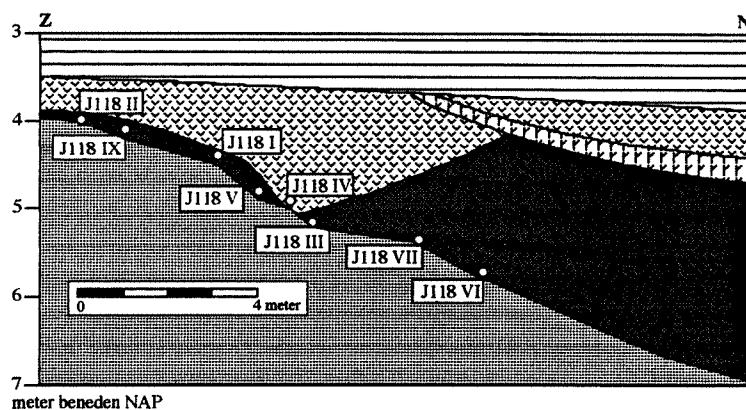
De monsters voor de reconstructie van de waterspiegelontwikkeling zijn genomen op de flanken van twee begraven rivierduinen, op respectievelijk de kavels P13 en J118. De lokaties zijn weergegeven in figuur 4.1, 4.2 en 5.1 en in de profielen III en VI. De lokaties zijn geselecteerd op grond van de relatief steile helling van de Pleistocene ondergrond (zie figuren 4.1 en 4.2) en de ligging aan de rand van het Laat- Pleistocene en Holocene rivierdal van de "Vecht". Hierdoor is het risico dat de monsters betrekking zouden hebben op lokale initiële veengroei die plaats vond onafhankelijk van de algemene stijging van de grond- en oppervlaktewaterspiegel (vgl. Jelgersma, 1961; Van de Plassche, 1982) beperkt. Op de monsterlokatie op kavel P13 komen in verband met de nabijheid van de rivier vlak boven het Pleistocene zand belangrijke detritus afzettingen voor (profiel VI), die op de monsterlokatie rond -3.40 m NAP uitwijken tegen het Pleistocene substraat. Hoewel de gedateerde monsters op kavel P13 niet als detritus beschreven zijn, is het niet geheel uit te sluiten dat monsters van deze lokatie enig verspoeld materiaal bevatten. De kans dat het daarbij om geremanieerd materiaal van wezenlijk hogere ouderdom zou gaan lijkt echter gering. De monsterlokatie op kavel J118 lag geïsoleerder ten opzichte van directe rivierinvloeden. Uit profiel III blijkt dat zich tussen deze monsterlokatie en de voormalige rivier een brede zone met *Carex*-vegetatie ontwikkelde. Verder is gebruik gemaakt van twee monsters die afkomstig zijn uit de palaeobotanische geanalyseerde kernen (ZP-kern en D56-kern, zie figuur 1.3, profiel D56 en profiel VIII) en die eveneens de beginnende veenvorming op het Pleistocene substraat representeren. Ook een reeds eerder gepubliceerd tijd-diepte monster uit het nabijgelegen Swifterbant (Ente, 1976) is in de analyse betrokken. De betreffende monsters zijn vermeld in tabel appendix B.

4.1.3 Bemonstering.

Op de beide monsterlokaties zijn met behulp van handboormateriaal (diam. 6 cm) op verschillende diepten enkele decimeters lange kernen verzameld die de overgang van het basisveen in de onderliggende Pleistocene zanden bevatten. Door middel van waterpassing werd van elke boorlokatie de maaiveldhoogte ten opzichte van NAP vastgesteld. In het laboratorium werden de kernen aan de buitenzijde zorgvuldig gereinigd, waarna de lithologie



Figuur 4.1 Detailprofiel met monsterlokaties van de basis-basisveenmonsters op kavel P13 (legenda, zie bijvoegsel)

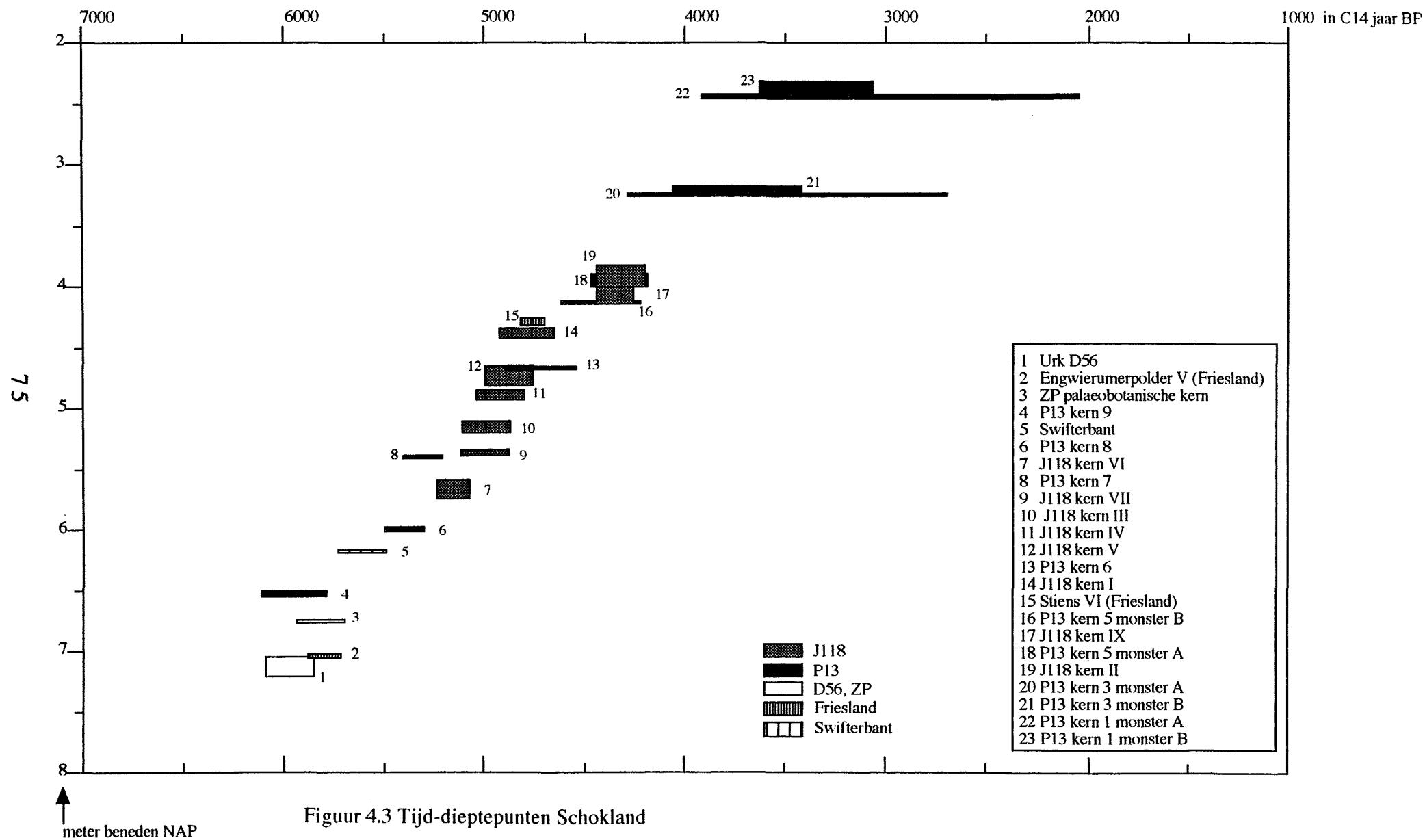


Figuur 4.2 Detailprofiel met monsterlokaties van de basis-basisveenmonsters op kavel J118 (legenda, zie bijvoegsel)

beschreven werd. In het algemeen bleek dat in de kernen de overgang Pleistoceen zand/basisveen macroscopisch niet objectief vast te stellen is (vgl. Van de Plassche 1979; 1982, 57-59). De top van het zand is vaak over een aanzienlijk verticaal traject door de aanwezigheid van organische stof zeer donker gekleurd en daardoor niet of nauwelijks te onderscheiden van het bovenliggende veen. Voor het verkrijgen van betrouwbare dateringen is het echter van groot belang om op het juiste niveau te monstern. Uit de literatuur zijn gevallen bekend van anormale dateringsuitkomsten van basisveenmonsters die worden toegeschreven aan veroudering tengevolge van bijmenging van organische stof uit het oorspronkelijke, in de top van het Pleistocene oppervlak ontwikkelde terrestrische bodemprofiel (o.a. Jelgersma 1961, monster Velsen, GrN 165; Van de Plassche 1982, p. 57). Om dergelijke effecten van (terrestrische) bodemvorming bij de monsternamen te vermijden hebben wij in onze kernen het traject rondom de zand/veen grens gedetailleerd onderzocht. Daarbij zijn series deelmonsters rond deze grens na bereiding in een 5% KOH oplossing palaeobotanisch geanalyseerd. De analyse omvatte het tellen van de absolute hoeveelheden herkenbare macroresten (zaden, schimmelvruchtlichamen etc.) en het schatten van het volumepercentage plantenweefsels; in de kernen afkomstig van kavel P13 zijn de deelmonsters bovendien ook palynologisch bewerkt (pollen, sporen en pollenconcentratie). Daarnaast zijn de volumepercentages geschat van het zand (> 240 mu) dat bij het zeven van de paleobotanische monsters op de zeef achterbleef. Voor de C-14 monsternamen in de kernen afkomstig van kavel J118 zijn de diepst voorkomende intervallen geselecteerd die voldeden aan de volgende criteria: a) een beperkte hoeveelheid bodemschimmels, b) veenvormende taxa in belangrijke mate aanwezig, en c) (als additionele toets) een zeer gering volumepercentage zand > 240 mu. Als selectiecriteria voor de monsters op kavel P-13 is primair een sterke afname van de pollenconcentratie gehanteerd, op grond van de overweging dat in bodems de pollenconcentratie relatief hoog zal zijn. Vervolgens is deze selectie getoetst aan de resultaten van de macrorestenanalyse met betrekking tot het voorkomen van de veenvormende taxa en het verdwijnen van bodemschimmels uit de monsters. De volumepercentages zand in de monsters blijken bij toepassing van deze criteria, behalve in de monsters P13-1B en P13-5A, vaak nog vrij hoog te zijn (zie tabel appendix B). In de meeste gevallen lijkt op P13 dus in de top van het zand te zijn gemonsterd. In het geval van monster P13-6 heeft de monsternamen, blijkens de lithologische beschrijvingen, echter wel degelijk boven het eigenlijke zandige Pleistocene substraat met de daarin gevormde bodem plaatsgevonden; het in dit monster aangetroffen zand is afkomstig van een in het veen ingewaaid of ingespoelde laag zeer schoon wit zand. In het betreffende monster zijn al veel veenvormende taxa aanwezig en het bevat verder zeer weinig bodemschimmels (zie tabel appendix B); het risico van veroudering door bodemmateriaal lijkt hier afwezig.

Verder is de zand/veengrens vastgesteld aan de hand van de palaeobotanische analyses en de lithologische beschrijvingen van de kern in het laboratorium. Als zand/veengrens is het diepst mogelijke monster gekozen in de kern waar het volumepercentage zand (>240 mu !) groter is dan ca 10 % en de hoeveelheid bodemschimmels nog zeer hoog is. In gevallen waarin zowel het volumepercentage zand (>240 mu) als de hoeveelheid bodemschimmels laag is, terwijl uit de lithologische beschrijvingen blijkt dat wel degelijk in de top van het Pleistocene substraat is gemonsterd, is als zand/veengrens gekozen voor het diepst mogelijke monster dat blijkens de lithologische beschrijving vrijwel geheel uit zand bestaat.

Als gevolg van de toepassing van de bovengenoemde criteria kwam in veel gevallen (met name de monsters van kavel J118) de ondergrens van de C-14 monsters enkele cm boven de eigenlijke zand/veen grens te liggen (zie tabel appendix B). Daarmee werd weliswaar een geringe onzekerheidsfactor in verband met mogelijke compactie geïntroduceerd (zie § 4.1.4), maar een potentieel verouderingseffect van vele 100-en jaren zoveel mogelijk vermeden. Als criteria voor de positie van de eigenlijke zand/veen grens zijn gehanteerd: volumepercentage zand (> 240 mu) meer dan ca 10%, tezamen met een zeer hoog percentage bodemschimmels,



of (in die gevallen waarin dit macroscopisch duidelijk was) de diepst gelegen overgang naar een vrijwel compleet zandige lithologie. De diepte van de eigenlijke zand/veen grens zal door toepassing van deze criteria zeker niet te hoog zijn gekozen, zodat het potentiële compactie-effect met betrekking tot de hoogteligging van de C-14 monsters niet onderschat wordt.

De dikte van de C-14 monsters varieert, afhankelijk van het gehalte aan organische stof, van 1 tot enkele cm. Elementen die tot verjonging zouden kunnen leiden, zoals doorgroeiing met *Phragmites*-rhizomen (vgl. Van de Plassche 1982, p.57), zijn vooraf uit de monsters verwijderd.

Het C-gehalte van de monsters P13-1(A) en P13-3(A) bleek bij datering zodanig laag dat dit resulteerde in een zeer grote standaarddeviatie van de dateringsuitkomsten (respectievelijk 470 en 400 jaar). In verband hiermee werd uit beide kernen een tweede monster genomen, direct boven het oorspronkelijke monster (P13-1B en P13-3B). Ook in deze nieuwe monsters bleek het C-gehalte echter betrekkelijk laag, hetgeen helaas resulteerde in standaarddeviaties van respectievelijk 140 en 160 jaar. Omdat het macroscopisch evident was dat het op grond van de criteria pollenconcentratie en aanwezigheid van veenvormende taxa gemonsterde interval in kern P13-5 duidelijk uit de top van het Pleistocene substraat afkomstig was en het bovendien rijk aan bodemschimmels was (monster P13-5B), is er in deze kern een tweede monster (P13-5A) genomen op een iets hoger niveau, waarin geen zand en bodemschimmels meer werden aangetroffen en er duidelijk van veenvorming sprake was.

W. ROELEVELD EN W. GOTJE

HOLOCENE WATERSPIEGELONTWIKKELING IN DE NOORDOOSTPOLDER IN RELATIE TOT ZEESPIEGELBEWEGING EN KUSTONTWIKKELING. (PARAGRAFEN 4.1.4 T/M 4.1.7)

4.1.4 Vergelijkbaarheid van de tijd/diepte data van Schokland met soortgelijke gegevens uit Nederland.

De hierboven beschreven werkwijze die bij de bemonstering is gevolgd impliceert dat de gedateerde monsters niet geheel vergelijkbaar zijn met de basis-basisveenmonsters die door van de Plassche (1982) zijn gebruikt voor zijn reconstructie van de Holocene waterspiegelbeweging in Nederland. In feite waarschuwt van de Plassche (1982 p. 58) ervoor dat bij het gebruik van het door ons gehanteerde type monsters gemakkelijk een te jonge ouderdom kan worden gevonden. Experimenteel bepaalde hij in situaties met een geleidelijke overgang van zand naar sterk gecompacteerd veen de ouderdomsverschillen tussen paren direct boven elkaar gelegen monsters uit een en dezelfde kern. De onderste monsters bestonden daarbij uit zeer weinig zand en de direkt daarboven genomen monsters uit (zandig) veen. In alle drie de onderzochte gevallen bleken de bovenste monsters ca 170 C-14 jaren jonger te zijn dan de onderste monsters. Van de Plassche verklaart deze aanzienlijke ouderdomsverschillen (bij verschillen in monsterdiepte van slechts enkele cm) uit de sterke compactie van het veen, dat daardoor veel tijd per dikteenheid bevat. Wanneer men, uitgaande van deze verklaring, de oorspronkelijke hoogteligging van de bovenste monsters uit de serie van 3 paren van van de Plassche reconstrueert, door de C-14 ouderdom te plotten op de (op de onderste monsters gebaseerde) grondwatercurve van het betreffende gebied (Van de Plassche 1982, fig. 58), dan komt men tot compactiewaarden die onrealistisch hoog zijn. Onze conclusie is dan ook dat bij de betreffende monsterparen het verschil in ouderdom tussen de bovenste en de onderste monsters hoogstens voor een klein deel kan worden verklaard met het door van de Plassche gehanteerde compactie-effect. Het ligt voor de hand dat daarnaast vooral veroudering van de onderste monsters, veroorzaakt door bijmenging van organische stof afkomstig van de in het substraat ontwikkelde bodem, een rol speelt. Voorts is het, afhankelijk van het type veen, mogelijk dat niet in alle gevallen de relatie monster/voormalige waterspiegel dezelfde is voor het onderste en bovenste monster uit een paar; denkbaar is dat de bovenste monsters in een wat grotere waterdiepte zijn gevormd dan de onderste (vergelijk 4.1.4.).

Overigens blijkt uit de analyse van van de Plassche (1982) dat de boven beschreven ouderdomsverschillen tussen direct boven elkaar genomen monsters aan de onderzijde van het

basisveen niet altijd worden aangetroffen. Waar er sprake is van een min of meer scherpe overgang van substraat naar veen zal de kans op contaminatie met ouder bodemmateriaal door de scherpere monsternamen beperkt zijn. Inderdaad vindt van de Plassche in een vierde door hem geanalyseerd monsterpaar, waarin deze situatie zich voordoet, ouderdommen van resp. 5440 +/- 35 BP (onder) en 5420 +/- 45 BP (boven). Blijkbaar heeft de compactie, die zich ook in deze situatie moet hebben voorgedaan, in dit geval niet tot een wezenlijk "verjongings"-effect geleid. Het is plausibel dat het verschil met de eerder genoemde drie monsterparen, samenhangt met het feit dat in dit geval het onderste monster niet of in mindere mate verontreinigd is door de aanwezigheid van ouder bodemmateriaal.

Op grond van het bovenstaande valt ten aanzien van de vergelijkbaarheid van eerder gepubliceerde ouderdommen van basis-basisveenmonsters met de dateringsresultaten van onze monsters, voor zover het het bemonsteringsaspect betreft, het volgende op te merken.

- Monsters die betrekking hebben op een scherpe overgang substraat/veen zullen in het algemeen resultaten opleveren die goed met die van onze monsters vergelijkbaar zijn.

- Bij monsters die genomen zijn in een situatie waarbij er sprake is van een geleidelijke overgang substraat/veen zal "diepe" monsternamen (d.w.z. in het traject van weinig en zeer weinig zand) dateringsresultaten kunnen opleveren die een niet onaanzienlijke veroudering vertonen (orde van vele tientallen tot 100-en C-14 jaren) ten opzichte van onze resultaten. "Ondiepe" monsternamen zal in die situatie in het algemeen wel tot vergelijkbare resultaten leiden.

- De bemonsteringscontext van reeds gepubliceerde resultaten is veelal niet of onvoldoende bekend c.q. te achterhalen. Aannemende dat alle drie hier onderscheiden monstercategorieën aanwezig zullen zijn binnen de populatie van reeds gepubliceerde resultaten, valt te verwachten dat onze resultaten (mogelijk met uitzondering van monster P13-5B) aan de jonge zijde van het spectrum zullen vallen.

4.1.5 Tijd/dieptediagram; representativiteit voor waterspiegelontwikkeling

In fig. 4.3 zijn de dateringen van de onderzijde van het basisveen bij Schokland op een tijdas in conventionele C-14 jaren uitgezet tegen de diepte. Als onzekerheidsmarge is horizontaal de dubbele standaarddeviatie (95% betrouwbaarheidsinterval) van de dateringsuitkomst gehanteerd. De verticale positie van de monsters is mogelijk beïnvloed door compactie van weinig materiaal tussen het gedateerde monster en de top van de Pleistocene ondergrond (zie 4.1.3). Gerekend is met een maximale compactie van dit materiaal tot 1/3 van de oorspronkelijke dikte. Hiervoor zijn goede argumenten aanwezig. Griede (1978) dateerde in Friesland in een aantal kernen, die qua dikte en opbouw van het profiel grosso modo vergelijkbaar zijn met de situatie in de Noordoostpolder, de top van het basisveen. Aan de hand van deze ouderdommen kan met behulp van de zeespiegelcurve (Van de Plassche, 1982, fig. 68) de oorspronkelijke hoogteligging van de top van het basisveen berekend worden. Vergelijkt men deze waarden met de huidige hoogteligging, dan blijkt de dikte van het basisveen tot 1/2 a 1/3 van de oorspronkelijke dikte gereduceerd te zijn. Als verticale onzekerheidsmarge (naar boven) is in figuur 4.3 daarom gerekend met twee maal de afstand tussen het midden van het gedateerde monster en de top van het klinkvrije Pleistocene substraat.

Het tijd/diepte diagram van fig. 4.3 heeft in de eerste plaats betrekking op de relatie tussen de (oorspronkelijke) hoogteligging van de gedateerde veenmonsters en hun ouderdom. Tegelijkertijd geeft het diagram een beeld van de ontwikkeling van het waterpeil: beginnende veenvorming op het Pleistocene substraat markeert de stijging van het grondwaterniveau tot boven het oorspronkelijke maaiveld. De grondwaterstand op onze monsterlocaties zal direct hebben samengehangen met het niveau van het oppervlaktewater in de verschillende dalen van de centrale en zuidelijke Noordoostpolder (vgl. 2.1.2.1.), waarin de invloed van de stijgende zeespiegel geleidelijk doordrong. Met van de Plassche (1982) nemen wij aan dat de grondwaterstand op het moment dat deze tot beginnende veenvorming aanleiding gaat geven in principe samenvalt met de gemiddelde lokale waterstand respectievelijk, indien er sprake is van getijdeïnvloed, met het lokale gemiddelde hoogwaterniveau. Verschillen in botanische

van verschillen in getijdeinvloed. Bovendien valt niet uit te sluiten dat op de locatie P13, waar in de omgeving keileem in de ondergrond voorkomt, grondwaterstanden kunnen zijn opgetreden tot iets boven de gemiddelde lokale waterstand. Ook voor de monsterlokaties Zuidpunt, D56 en Swifterbant zijn beperkte afwijkingen, zowel t.o.v. P13/J118 als onderling, in de lokale waterstand niet uit te sluiten. In hoeverre er aanwijzingen zijn voor dergelijke onderlinge waterstandsverschillen komt aan de orde bij de analyse van het verloop van de waterspiegelbeweging (§ 4.1.6)

4.1.6. Het verloop van de grondwaterspiegelbeweging; fluctuaties

Aan de hand van de beschikbare tijd/diepte gegevens is in de figuren 4.4 en 4.5 het verloop van de grondwaterstand in de tijd (BP resp. CAL BC) voor het studiegebied weergegeven. Daarbij is in eerste instantie een band aangegeven waarbinnen de grondwaterstandsontwikkeling moet zijn verlopen, gebaseerd op het (ongecalibreerde resp. gec calibreerde) 95% waarschijnlijkheidsinterval van de beschikbare C-14 dateringen. Binnen deze band is vervolgens de vloeiendst mogelijke curve getrokken.

Bij de constructie van de curven is uitgegaan van de hypothese dat de verschillende tijd/diepte data, hoewel afkomstig van verschillende locaties, betrekking hebben op een uniforme grondwaterspiegel. Dat wil zeggen dat een oplossing is nagestreefd die voldeed aan alle beschikbare tijd/diepte data. In principe is een dergelijke oplossing inderdaad mogelijk. Uit de figuren blijkt echter dat tijd/diepte balk 8 (monster P13-7) zeer excentrisch ligt ten opzichte van de nabij gelegen tijd/diepte data. Slechts door introductie van een opvallende versteiling in de curve rond 5200 BP, ogenblikkelijk gevolgd door een vrijwel vlak traject rond 5150 BP, kan aan dit gegeven worden voldaan. Voor een dergelijke onregelmatigheid is noch in de geologische noch in de palaeoecologische ontwikkeling van het gebied (hoofdstuk 3) enige aanwijzing gevonden. Wij geven dan ook de voorkeur aan de interpretatie dat monster P13-7 te oud is, c.q. dat het betrekking heeft op een ander dan het regionale grondwaterniveau. Aanwijzingen voor een aanzienlijke veroudering door "oud" bodemmateriaal vormen de vele bodemschimmels die zijn aangetroffen in monster P13-7 (Zie tabel appendix B). Ook monster P13-9 vertoont een excentrische ligging. Van dit monster zijn geen gegevens bekend omtrent de aanwezigheid van bodemschimmels; het feit dat het monster zeer dicht bij de zand/veengrens ligt doet ook in dit geval aan veroudering met bodemmateriaal denken. Zoals in § 4.1.2. werd opgemerkt valt bovendien niet uit te sluiten dat de onderste monsters van locatie P-13 enig detritisch materiaal bevatten; de datering van de monsters P13-7 en P13-9 kan mede door deze oorzaak te oud zijn uitgevallen. Bij de constructie van de curven zijn deze punten om de bovengenoemde redenen buiten beschouwing gelaten. De overige tijd/diepte data, ook die welke afkomstig zijn van de monsterlocatie P13, voldoen aan een vloeiende, zij het niet geheel regelmatige curve.

De curves van fig. 4.4 en 4.5 vormen een sterke aanwijzing dat de stijging van het grondwaterpeil in het studiegebied niet gelijkmatig is verlopen. Dat beeld wordt nog geprononceerder in fig. 4.4 waarin de vrijheidsgraden voor de curveconstructie beperkt zijn tot het 68% waarschijnlijkheidsinterval van de (gecalibreerde) C-14 dateringen.

- Voor ca 5500 BP/4400 Cal BC lijkt de grondwaterstand snel te zijn gestegen. Van ca 5500 BP/4400 Cal BC tot ca 5200 BP/4000 Cal BC was de intensiteit van de rijzing geringer, hetgeen vooral tot uitdrukking komt in de gec calibreerde dateringen.

- Tussen 5200 BP/4000 cal BC en 4800 BP/3500 cal BC treedt versnelde stijging op over een verticaal traject van ca 1.5 m. Daarna is er een periode van minder snelle stijging, die duurt tot ca 4400 BP/3000 cal BC, opnieuw gevolgd door snellere rijzing. De grote standaarddeviatie van de jongste tijd/diepte data laat geen conclusies over de details van het verloop na 4400 BP/3000 cal BC toe.

Ook de gedetailleerde palaeobotanische analyse van een aantal kernen uit de studiegebieden wijst op het optreden van vertragingen en versnellingen in de stijging van de lokale grondwaterstand ten opzichte van het venige substraat (zie § 3.6.3, 3.7.6 en 3.8). Hoe sterk de stijging van het grondwater gefluctueerd heeft is aan de hand van de palaeobotanische

analyses minder goed te vast te stellen. Wel is duidelijk dat fasen van versnelde stijging niet altijd tot een zelfde vegetatieontwikkeling hebben geleid. Dit kan samenhangen met de intensiteit van waterspiegelstijging, maar ook veroorzaakt worden door invloed van andere factoren zoals verrijking of verzuring van het milieu of het optreden van sterk verticaal wisselende waterstanden. Omdat de invloed van deze laatste factoren meestal goed valt af te leiden uit de palaeobotanische gegevens, is het wel mogelijk een globaal inzicht te krijgen omtrent de intensiteit van de fluctuaties onderling. De gegevens wijzen er op dat de intensiteit van de verschillende fluctuaties afneemt in de periode tussen 6000 BP en 3000 BP (zie § 3.7.6).

In het algemeen moet bij het vergelijken van de palaeobotanische indicaties voor wisselingen in de intensiteit van de grondwaterspiegelstijging met de gegevens van de grondwaterstandscurven de nodige voorzichtigheid in acht genomen worden. Het is met name niet uit te sluiten dat palaeobotanische geregistreerde fluctuaties (deels) een lokaal karakter hebben gehad. Zo kunnen bijvoorbeeld de paleobotanische indicaties uit het studiegebied bij Urk in dit opzicht afwijken van het beeld van de grondwaterstandscurve, die in essentie op gegevens van Schokland is gebaseerd. Rond Urk speelde bovendien, blijkens de palaeobotanische analyses, de aan- of afwezigheid van mariene invloed een belangrijker rol bij de vegetatieontwikkeling dan bij Schokland (zie § 3.8), hetgeen de correlatie van fasen met versnelde en vertraagde grondwaterstijging tussen de beide deelgebieden verder bemoeilijkt. Toch komen in het algemeen de palaeobotanische vastgestelde fluctuaties in de grondwaterstandsrijzing blijkens de dateringen goed overeen met de fasen van versnelde en vertraagde grondwaterrijzing zoals die vallen af te leiden uit de curven van fig. 4.4 en 4.5 (zie § 4.2.2 en fig. 4.10). Het feit dat de palaeobotanische gegevens en de grondwater data elkaar onderling bevestigen maakt de realiteit van het optreden van fluctuaties des te waarschijnlijker.

4.1.7 De relatie met het gemiddeld zeeniveau

Voor een vergelijking van de grondwaterstandsontwikkeling in de omgeving van Schokland met de stijging van het gemiddeld zeeniveau (GZN) hebben wij ons allereerst gebaseerd op het relevante traject van de GZN-curve van Van de Plassche (1982, fig. 68). In het vervolg komt ook een vergelijking met een o.i. meer representatieve GZN-curve aan de orde.

De GZN-curve van Van de Plassche is voornamelijk gebaseerd op basis-basisveen data en is opgebouwd uit twee onderdelen. Tussen 6000 en ca 4700 BP heeft de curve een vloeiend verloop (trendcurve) dat in essentie is gebaseerd op een drietal basis-basisveen gegevens waarvan er twee afkomstig zijn uit het noorden van Friesland en het derde identiek is aan het ook door ons gebruikte monster Swifterbant. Na ca 4700 BP vertoont de curve fluctuaties, die berusten op interpretatie van grotere aantallen basis-basisveen data, afkomstig van de flanken van begraven rivierduinen (donken) in de omgeving van Rotterdam.

In fig 4.6 is de GZN-curve van Van de Plassche afgebeeld tezamen met de tijd/diepte data uit de omgeving van Schokland. Het blijkt dat de data voor Schokland en omgeving in periode voorafgaand aan ca 5700 BP de neiging hebben om boven de GZN-curve vallen. Voor de periode na ca 5300 BP daarentegen liggen de data vrijwel alle beneden de GZN-curve. Met name dat laatste is opvallend. Hierboven is immers beredeneerd (§ 4.1.4) dat het merendeel van de basis-basisveenmonsters van Schokland en omgeving qua hoogteligging representatief mag worden geacht voor de feitelijke ontwikkeling van de grondwaterstand ter plaatse. Dit zou inhouden dat het lokale grondwater zich gedurende een aanzienlijke periode beneden het gemiddeld zeeniveau heeft bevonden, hetgeen een onmogelijkheid is. Om de oorzaak van deze discrepantie op te sporen is het in de eerste plaats noodzakelijk de tijd/diepte data van Schokland en omgeving te vergelijken met de originele tijd/diepte data waarop de GZN-curve van Van de Plassche (1982) is gebaseerd. In fig. 4.7 zijn deze laatste data, voorzover relevant, eveneens weergegeven.

De GZN-curve is op een diepte van ruim - 6 m NAP gebaseerd op het basis-basisveen monster Swifterbant (5610 +/- 60 BP, GrN 5067; -6.15 m), hetzelfde monster dat ook in de huidige studie is gebruikt. Het volgende jongere basis-basisveen gegeven voor de GZN-curve is het monster Stiens VI, afkomstig uit noordelijk Friesland (Griede, 1978), met een ouderdom van 4760 +/- 30 BP (GrN 7644) en een diepte van 4.26 - 4.31 m beneden NAP. Dit punt blijkt

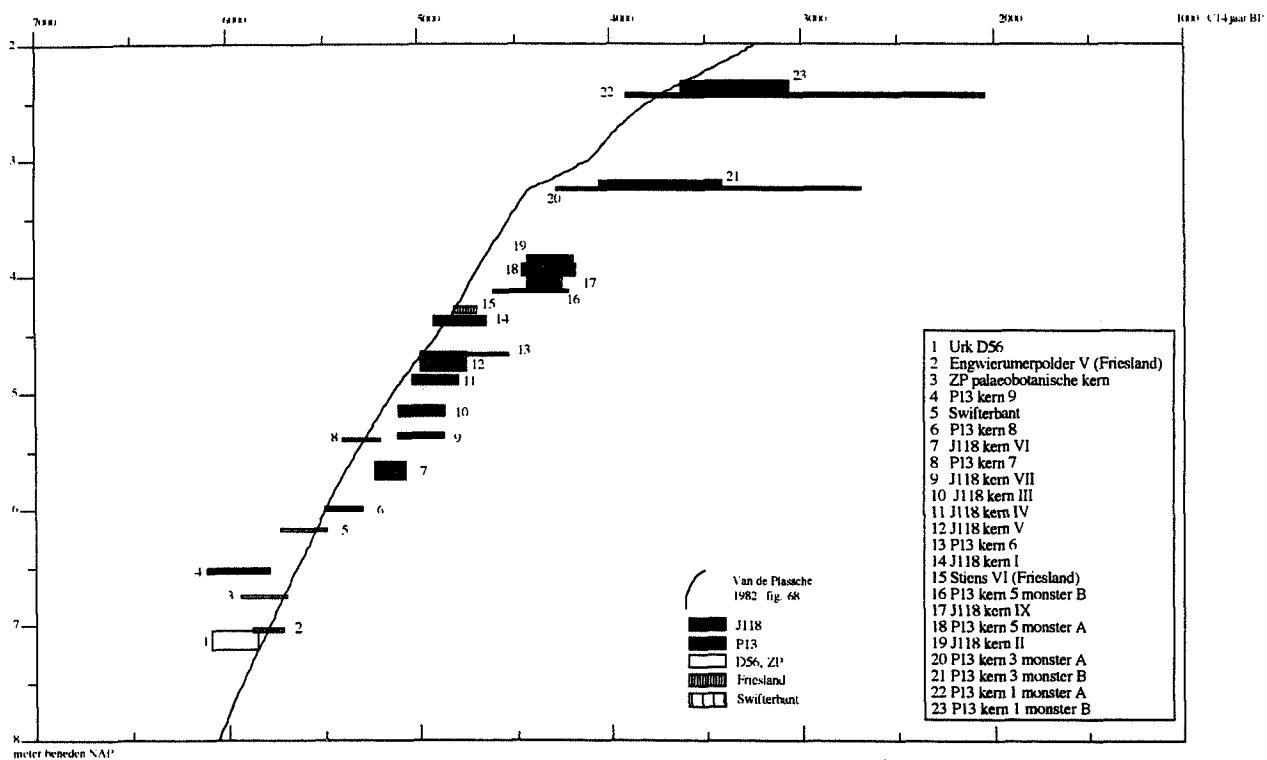
goed aan te sluiten bij de data die afkomstig zijn uit de omgeving van Schokland (fig 4.7). In het traject tussen de monsters Swifterbant en Stiens VI kan de GZN-curve zonder bezwaar door de beschikbare tijd/diepte data uit de omgeving van Schokland worden getrokken, waarmee de discrepantie tussen grondwaterontwikkeling en stijging van het gemiddeld zeeniveau zou zijn opgeheven. Bij gebrek aan voldoende GZN data is dus in feite niet uit te maken of er in dit traject werkelijk van een discrepantie met de gegevens uit Schokland sprake is.

Voor het tijdstraject 4700 - 3400 BP is de GZN-curve gebaseerd op 12 tijd/diepte data (basis-basisveen) afkomstig van de flanken van donken in de omgeving van Rotterdam (van de Plassche 1982, fig. 58). Slechts de oudste acht van deze data zijn relevant voor vergelijkingsdoeleinden, gezien de onzekere ouderdom en de onzekere relatie met het grondwaterpeil van de jongste Schokland-monsters. Uit figuur 4.7 blijkt dat tussen ca 4600 en 4200 BP de tijd/diepte punten uit de omgeving van Schokland inderdaad beneden de punten liggen die afkomstig zijn uit het gebied van de benedenrivieren. Om dit verschijnsel te verklaren komen drie verklaringen, afzonderlijk of in combinatie, in aanmerking:

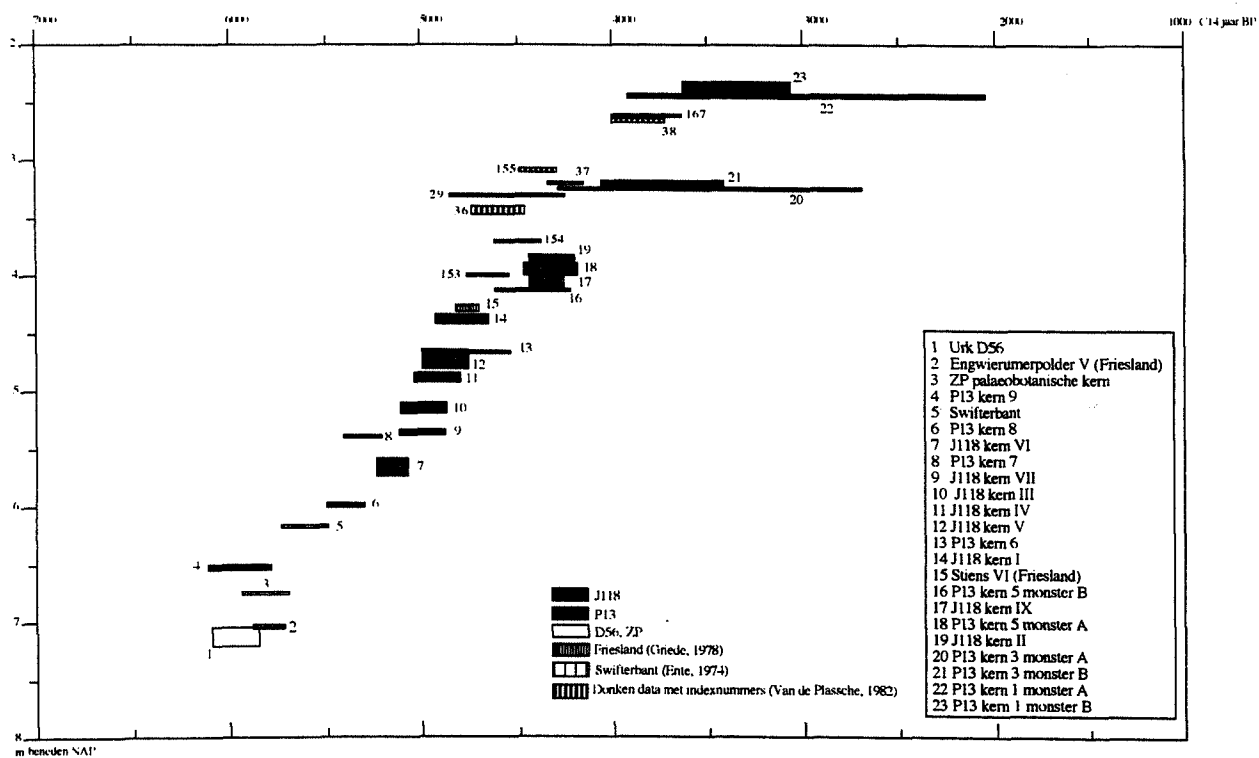
1. het op de donken gedateerde grondwaterniveau lag, in tegenstelling tot wat Van de Plassche (1982) aanneemt, niet onaanzienlijk boven het gemiddeld zeeniveau;
2. er is sprake geweest van differentiële bodemdaling tussen het gebied van de benedenrivieren en het gebied rond Schokland;
3. de C-14 ouderdom van de onderzijde van het basisveen op de donken is te oud, c.q. die bij Schokland is te jong.

Verklaring 1. sluit aan bij de stellingname van Van de Plassche en Roep (1989) die de betekenis van de GZN-curve relativeren en aangegeven dat deze (of juist de foutenveloppe rond de samenstellende punten van de curve) slechts beschouwd mag worden als de bovenste limiet van de werkelijke GZN-stijging. Dat impliceert dat nieuw verkregen basis-basisveen data incidenteel beneden de gehanteerde GZN-limietcurve kunnen blijken te liggen. Vooralsnog lijkt er echter geen reden te zijn om de zorgvuldig geselecteerde donken data uit het traject 4600-4200 BP te herwaarderen met betrekking tot hun GZN-zeggingskracht, louter op grond van het feit dat enkele data uit de omgeving van Schokland daar niet mee stroken. Verklaring 2. lijkt op het eerste gezicht niet onlogisch; het IJsselmeergebied heeft gedurende het Tertiair en Kwartair een langdurige geschiedenis als depocentrum doorgemaakt (Van Montfrans, 1975) en versterkte bodemdaling in dit gebied valt niet uit te sluiten. Ten opzichte van het noordelijk deel van Friesland is er in het gebied rond Schokland, blijkens de positie van de monsters Stiens VI en Engwierumpolder V in figuur 4.7, echter geen sprake geweest van differentiële bodemdaling, zodat er eerder gedacht zou moeten worden aan een geringere mate van bodemdaling in het gebied rond Rotterdam. Van Dijk et al. (1991) suggereren iets soortgelijks, op grond van het feit dat de gereconstrueerde grondwaterverhanglijnen in het gebied van de grote rivieren niet logisch aansluiten op het bijbehorende zeeniveau conform Van de Plassche (1982). Differentiële bodemdaling valt op grond van deze overwegingen dus niet op voorhand uit te sluiten ter (gedeeltelijke) verklaring van het hoogteverschil tussen de tijd/diepte data rond Rotterdam en bij Schokland. Hieronder zal, bij een vergelijking met een tweede GZN-curve, echter blijken dat er goede argumenten zijn om deze verklaring te verwerpen. Wij geven dan ook de voorkeur aan verklaring 3. (i.c. te hoge C-14 ouderdommen van de monsters bij Rotterdam) die, zoals in het onderstaande zal blijken, een eenvoudige verklaring biedt voor verschillende problemen die zich bij de interpretatie van de GZN-curve voordoen en daarmee alternatieve verklaringen overbodig maakt.

Van Dijk et al. (1991) betogen dat, althans voor het Rijn-Maas mondingsgebied, de GZN-curve van Van de Plassche (1982) in de periode voor ca 4500 BP te laag is gelegen. Zij maken aannemelijk dat de grondwaterstand in de omgeving van Rotterdam, in tegenstelling tot de interpretatie van Van de Plassche (1982, 1984), reeds ruim voor 6000 BP rechtstreeks samenhangt met het gemiddeld zeeniveau. Dit impliceert dat de "donkencurve" van Van de Plassche (1982, fig. 58) over het gehele of vrijwel het gehele traject mag worden opgevat als MSL-(limiet)curve, en niet alleen over het traject jonger dan ca 4700 BP. Daarmee beschikken we voor het traject pre-4700 BP over een van de hierboven besproken GZN-curve weliswaar afwijkende, maar op veel meer data gebaseerde curve. In fig 4.8 zijn de tijd/diepte data van het gebied rond Schokland afgebeeld tezamen met deze "donkencurve". In tegenstelling tot figuur



Figuur 4.6 Tijd -diepte punten Schokland + Van de Plassche (Fig. 68)

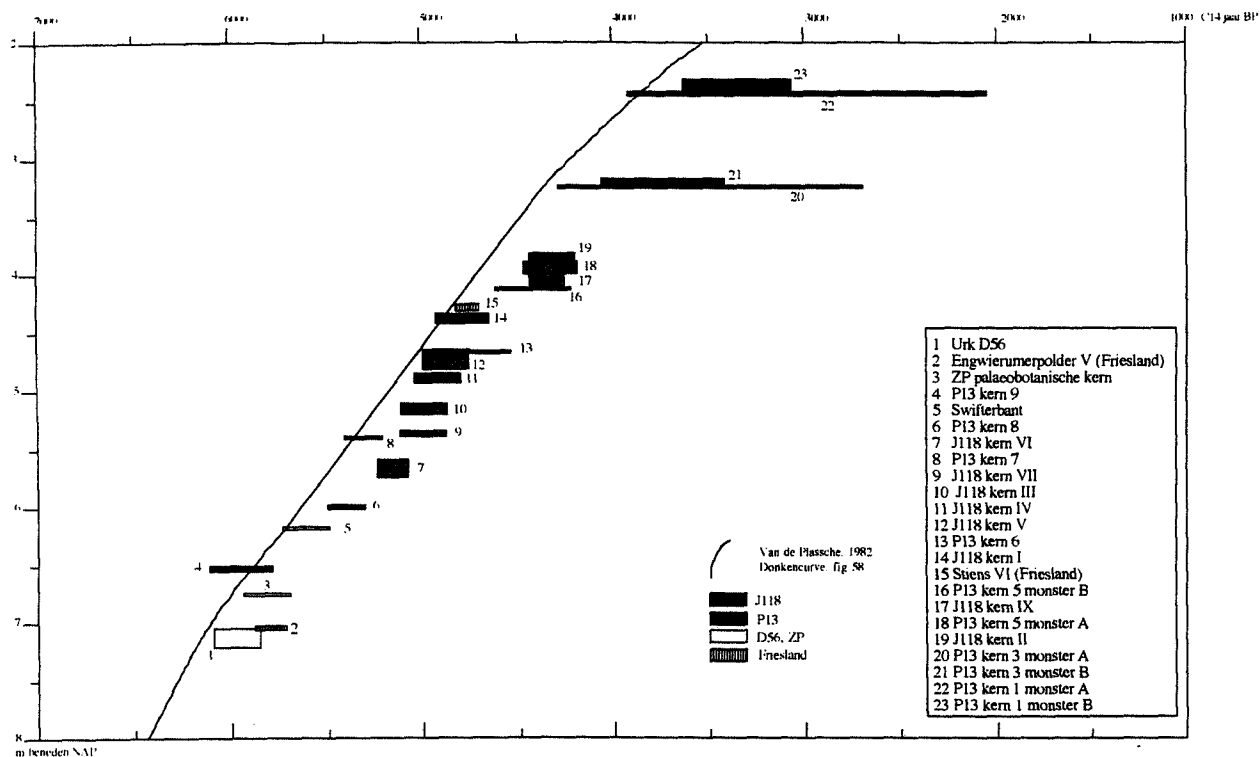


Figuur 4.7 Tijd-diepte punten Schokland+ Tijd-diepte punten Van de Plassche (1982, fig 68)

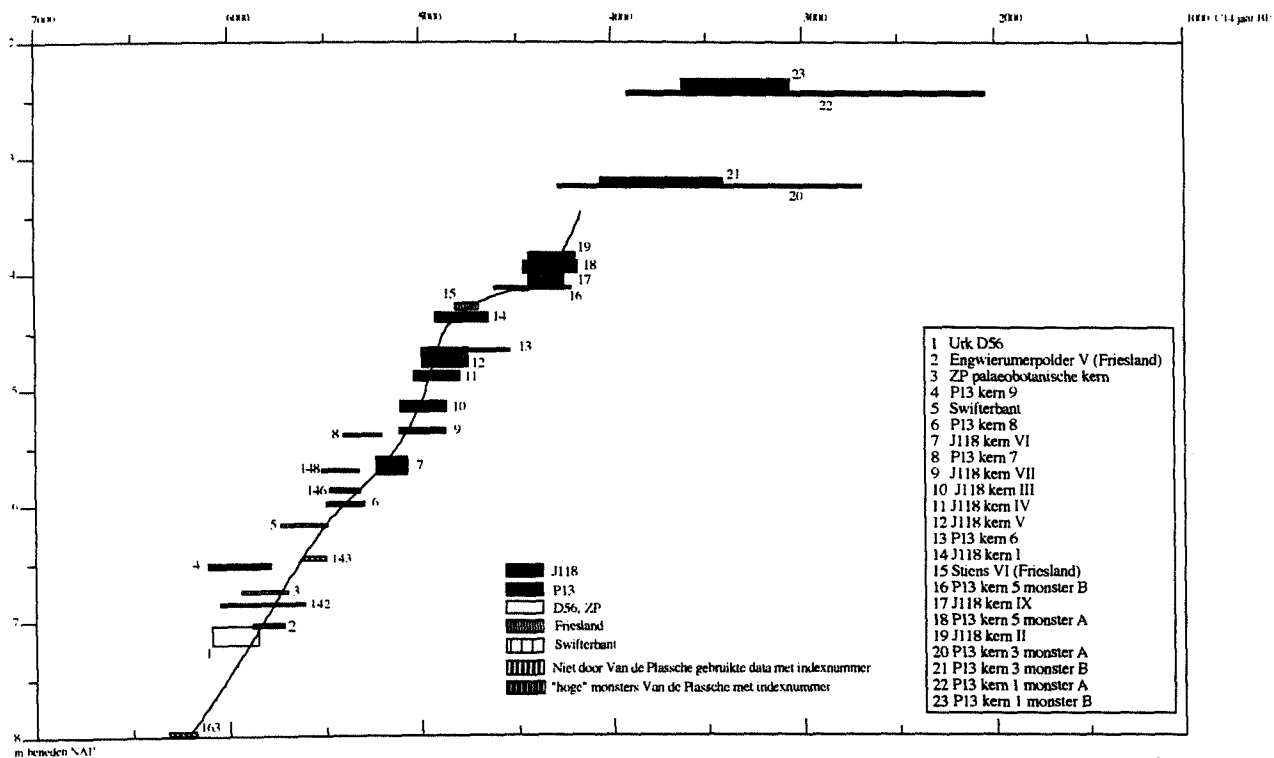
4.6 blijken nu ook de tijd/diepte data uit de omgeving van Schokland die ouder zijn dan ca 5300 BP voor het merendeel onder de curve te vallen. Voor dit pre-5300 BP traject zijn er goede argumenten om aan te nemen dat de dateringen van de basis-basisveenmonsters waarop de curve is gebaseerd te oud zijn. In het voor de vergelijking met Schokland relevante interval 6250-5300 BP stond Van de Plassche (1982) een vijftal basis-basisveendateringen ter beschikking die hij bij de constructie van zijn "donkencurve" niet heeft gebruikt. In twee gevallen (Hillegersberg 146 en 148; Van de Plassche, 1982) ging het daarbij om de jonge datering uit de monsterparen waarmee Van de Plassche (1982) het verjongende effect van te hoge monsternamen meende te kunnen demonstreren, maar waarbij o.i., zoals nader uiteengezet in § 4.1.3., primair sprake is van veroudering bij te diepe monsternamen - bij Hillegersberg 148 is het jonge monster overigens niet significant ouder dan het oude monster uit het betreffende koppel. Daarnaast gaat het om een drietal dateringen van de donken bij Rotterdam (Hillegersberg 142 en 143, Rijkswegdonk 163) die door Van de Plassche (1982, fig.58) wel zijn geplott, maar (blijkbaar in verband met hun excentrische ligging naar de jonge zijde) niet toegepast voor de constructie van de curve. Het buiten beschouwing laten van deze laatste drie monsters druist in tegen de reeds door Jelgersma (1961) gehanteerde stelregel dat in principe de diepst gelegen monsters in een verzameling basisveen data de meest betrouwbare regionale waterspiegelindicatoren vormen, een stelregel die door Van de Plassche en Roep (1989) nader is uitgewerkt in de conceptie van de "limietcurve". Van de Plassche (1982) geeft geen argumenten voor het buiten beschouwing laten van de betreffende punten. Voor punt 143 zou men eventueel kunnen veronderstellen dat het te laag is gelegen omdat er sprake is geweest van veenvorming beneden het niveau van de grondwaterspiegel. In het algemeen lijkt het, gezien de gevolgde bemonsteringsstrategie, echter veel meer aannemelijk dat juist de data waarop Van de Plassche (1982) zijn "donkencurve" heeft gebaseerd te hoog zijn gelegen, d.w.z. dat de datering van het zich ontwikkelende grondwaterniveau te oud is. Bij de monsters 142, 143 en 163 gaat het dan blijkbaar om basis-basisveenmonsters waarbij, ondanks de monsterprocedure, door toevallige omstandigheden geen veroudering is opgetreden. In figuur 4.9 zijn de boven genoemde vijf, door Van de Plassche niet gebruikte, donken-data uitgezet. Een trendcurve door deze data blijkt veel beter aan te sluiten bij voor dit traject beschikbare data uit de omgeving van Schokland en met het monster Engwierumer Polder V uit Friesland dan de "donkencurve" van Van de Plassche (1982, fig. 58). Alleen monster P13-9, waarvoor hierboven reeds aannemelijk werd gemaakt dat het verouderd is, valt boven de curve. De goede overeenkomst in het traject 6250-5300 BP tussen de "jonge" donken-data en de data uit de omgeving van Schokland is een sterk argument tegen het optreden van differentiële bodembeweging tussen het IJsselmeergebied en het gebied van de benedenrivieren. Dat maakt het waarschijnlijk dat ook voor het traject 5300-4200 BP de discrepantie tussen de "donkencurve" en de data uit de omgeving van Schokland (fig. 4.8) aan veroudering van de donkencurve moet worden toegeschreven.

Samenvattend leidt de analyse van de tijd/diepte data uit Schokland en omgeving tot de volgende conclusies:

- a) met uitzondering van P13-7 en P13-9 geven de data een betrouwbare afspiegeling van het verloop van de grondwaterstand in de omgeving van Schokland in de tijd;
- b) een trendcurve door de, al dan niet gecalculeerde data (fig 4.4 en 4.5) vormt, gezien de kwaliteit en de dichtheid van de gegevens, op dit moment de meest betrouwbare GZN-limietcurve (sensu Van de Plassche en Roep, 1989) voor Nederland voor het traject ca 6000-4200 BP. Het gaat overigens nadrukkelijk om een limietcurve; de werkelijke stand van het GZN kan onder de curve hebben gelegen en de fluctuaties in de curve behoeven geen fluctuaties van het GZN voor te stellen. In de volgende paragrafen zal in dit verband aannemelijk gemaakt worden dat de versteilingen in de trendcurven van fig 4.4 en 4.5 een lokaal fenomeen zijn; de stand van het GZN moet in elk geval in die trajecten beneden de trendcurve gelegen hebben;
- c) er zijn geen indicaties voor het optreden van belangrijke differentiële bodembeweging tussen het IJsselmeergebied enerzijds en het gebied van de benedenrivieren en noordelijk Friesland anderzijds. Dat laatste impliceert dat de verklaring die Van Dijk et al. (1991) hanteren voor de discrepantie tussen de grondwaterverhanglijnen in het gebied van de grote rivieren en het overeenkomstig zeeniveau (conform Van de Plassche 1982, fig. 30), niet juist kan zijn. De op de Schokland data gebaseerde GZN-limietcurve ligt namelijk slechts marginaal hoger dan het



Figuur 4.8 Grondwatercurve + donkencurve (Van de Plassche)



Figuur 4.9 Tijd-dieptepunten Schokland + "te diepe" data Van de Plassche

oudere deel van de GZN-trendcurve van Van de Plassche (1982, fig. 30), zodat de gesignaleerde discrepantie in belangrijke mate blijft bestaan. Gaat men er echter vanuit dat de, ook op basis-basisveen monsters gebaseerde, datering van de grondwaterverhanglijnen uit het riviereengebied eveneens in de orde van 200 jaar te oud is, dan is de discrepantie zonder veel problemen te verklaren.

4.2 Oorzaken van fluctuaties in de grondwaterspiegelstijging

4.2.1 Inleiding

In § 4.1.6 is het optreden van fluctuaties in de grondwaterspiegelstijging bij Schokland gesignaleerd. De fluctuaties uiteten zich in de op basis-basisveendateringen gebaseerde trendcurven voor de grondwaterstijging bij Schokland (fig 4.4 en 4.5) en worden bevestigd door de paleobotanische evidentie.

Voor het optreden van dergelijke fluctuaties zijn verschillende verklaringen mogelijk. Te denken valt aan fluctuaties in de mate van stijging van het GZN (Van de Plassche, 1982), wisselingen in het getijdeamplitude aan de open kust, variaties in de mate van reductie van de getijdeamplitude in het lagunaire systeem door veranderingen in de dimensies van geulen en kombergingsgebieden (floodbasin effect, Zonneveld, 1960), veranderingen in de kustmorfologie, veranderende rivierdebieten etc. In principe zouden door het vergelijken van de chronologie van de opgetreden fluctuaties in de grondwaterstandsstijging met die van variaties die zijn opgetreden in de hierboven genoemde factoren, aanwijzingen gevonden kunnen worden omtrent causale relaties. Deze weg is echter nauwelijks begaanbaar omdat voor het merendeel van de genoemde factoren hetzij het optreden van variaties zelf, hetzij de chronologie daarvan, niet of voor dit doel onvoldoende nauwkeurig is gedocumenteerd. In dit verband kan nog worden opgemerkt dat wanneer men er van uitgaat dat de monsters waarop de "donkencurve" van Van de Plassche (1982, fig. 58) is gebaseerd veroudering vertonen (zie § 4.1.7), de aanwijzingen voor mogelijke fluctuaties in de rijzing van het GZN, althans voor het traject pre-4000 BP, hun betekenis verliezen.

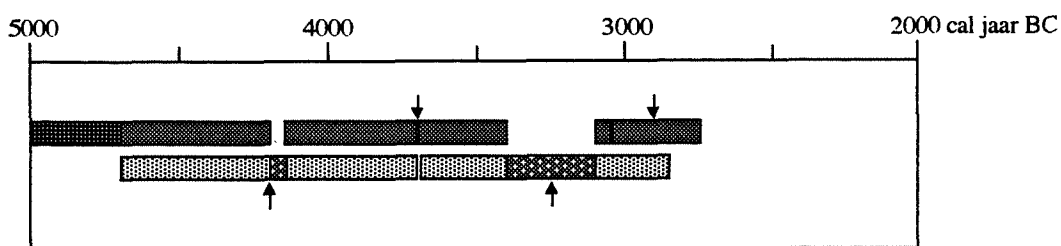
Nadere analyse van de ontwikkelingen bij Schokland (zie § 4.2.2.) maakt duidelijk dat het optreden van versnelling en vertraging van de grondwaterspiegelrijzing gepaard gaat aan afname respectievelijk toename van de dynamiek in het plaatselijke ecosysteem. Dit gegeven beperkt de interpretatiemogelijkheden omtrent de oorzaken van de fluctuaties aanzienlijk. De verklaring voor wisselingen in de stijging van het grondwaterniveau moet nu immers tevens een verklaring verschaffen voor de veranderende dynamiek in het ecosysteem en omgekeerd. In § 4.2.3. wordt uiteengezet hoe op grond hiervan de grondwaterstandsontwikkeling verklaard kan worden in samenhang met de ontwikkeling van de kustmorfologie.

4.2.2. Fluctuaties in de grondwaterstandstijging in relatie tot de vegetatieontwikkeling.

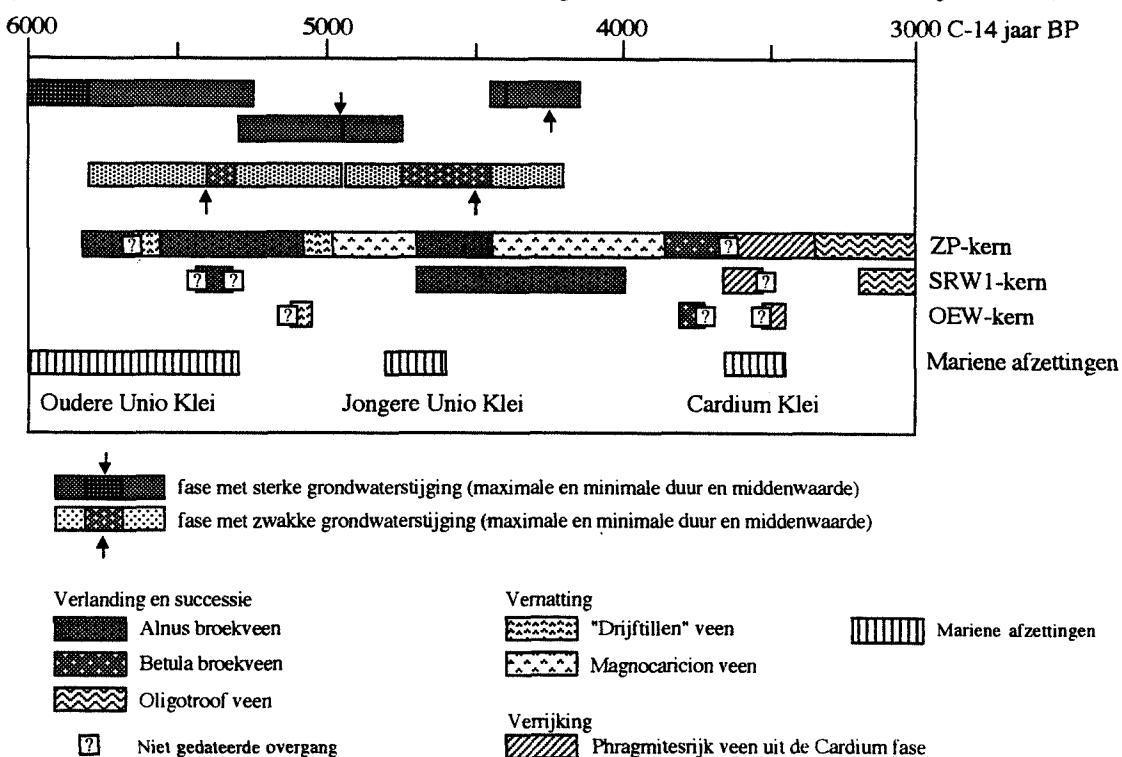
In figuur 4.10a is de chronologie van fasen met sterke respectievelijk zwakke grondwaterstijging bij Schokland schematisch weergegeven op een tijdschaal in Cal- jaren BC. Daarbij is de maximale en minimale duur van de verschillende fasen, zoals die valt af te leiden uit de curve van fig.4.4, aangegeven. Hoewel de curve voor de periode na ca 2750 cal BC weinig houvast biedt, wijzen de palaeobotanische data op een doorgaande snelle stijging tot ca 2300 cal BC.

In figuur 4.10b zijn dezelfde fluctuaties uitgezet op een BP-tijdschaal, naast de fasen van verdrinking en verlanding zoals die zijn afgeleid uit de palaeobotanisch analyse van de drie in detail onderzochte kernen uit het studiegebied Schokland (§ 3.7). Bij de plaatsing van deze palaeobotanische fasen in de tijdschaal zijn alleen de werkelijk beschikbare C-14 dateringen gebruikt en is afgezien van het toepassen van geëxtrapoleerde waarden (zie § 3.5.1 en tabel 1). De palaeobotanische gegevens vertonen in de periode voorafgaand aan ca 5000 BP geen duidelijke aanwijzingen voor fluctuerende grondwaterstijging, terwijl anderzijds na ca 4200 BP de grondwatercurve dermate onnauwkeurig is dat daaruit geen fluctuaties zijn af te leiden.

Vergelijking tussen grondwatercurve en paleobotanische gegevens beperkt zich dus tot de periode 5000-4200 BP. Uit figuur 4.10b) blijkt dan dat fasen met snelle grondwaterstijging juist samenvallen met fasen waarin *Carex*-vegetaties de veenvorming domineerden, terwijl in fasen met trage grondwaterstijging met name *Alnus*-vegetaties ontstonden. Uit de palaeobotanische gegevens is verder gebleken dat in de *Carex*-vegetaties vrij stabiele grondwaterstanden heersten, terwijl in fasen met *Alnus*-vegetaties de grondwaterspiegel een wisselend karakter had (zie § 3.7.6). Verder geeft het ontstaan van (meestal zeer goed geconserveerde) *Carex*-vegetaties uit *Alnus*-vegetaties aan dat de grondwaterstand zo snel steeg dat *Alnus* zich niet kon handhaven in de vegetatie. Ook valt op dat er in fasen met verlanding van open water in het riviersysteem, in het omringende veengebied juist aanwijzingen zijn voor zeer snelle grondwaterstijging (*Carex*-vegetaties) en stabiele grondwaterstanden (zie § 3.7.6). In fasen waarin open water ontstond in het riviersysteem is in het omringende veengebied daarentegen juist sprake van doorgaande successie, vertraagde grondwaterstijging en wisselende grondwaterspiegels (zie § 3.7.6). Uit een en ander valt af te leiden dat de verlanding van open water in het riviersysteem samenhangt met een verminderde dynamiek in de rivier (weinig fluctuerende waterstanden), terwijl omgekeerd een toename van de dynamiek juist het ontstaan van open water in het riviersysteem heeft bevorderd. Het is plausibel dat verlanding in het riviersysteem, hetgeen op zichzelf al wijst op verslechterde drainage, negatief uitwerkt op de afwatering van de omringende veengebieden; het optreden van een algemene



Figuur 4.10a Paleobotanie en fluctuaties in de grondwaterstand (historische tijdsschaal)



Figuur 4.10b Paleobotanie en fluctuaties in de grondwaterstand (C-14 tijdsschaal)

stijging van de grondwaterstand ligt in die situatie voor de hand. Het ontstaan van open water in het riviersysteem, in samenhang met wisselende waterspiegels (verhoogde dynamiek), daarentegen duidt op verbeterde externe drainage en zal mede de afwatering van de veengebieden naar de rivier hebben verbeterd, waardoor de ecologische condities geschikt werden voor het ontstaan van *Alnus*broekbos-vegetaties. Samenvattend kan dus gesteld worden dat fasen waarin blijkens de curve een snelle grondwaterstijging optrad, te correleren zijn met fasen waarin ook de vegetatieontwikkelingen snelle grondwaterstijging suggereren. In zulke fasen verlandt het riviersysteem en fluctueren de grondwaterspiegels in het omringende veengebied nauwelijks. De dynamiek in het riviersysteem is in zulke periodes dus gering. Omgekeerd correleren fasen van trage grondwaterstijging volgens de curve met fasen van verlanding en wisselende waterstanden in het omringende veengebied en met het ontstaan van open water in het riviersysteem. Kennelijk is er in zulke fasen sprake van een toegenomen dynamiek.

4.2.3 Kustmorfologische ontwikkeling als oorzaak van fluctuaties in de grondwaterstijging

Het optreden van variaties in de grondwaterstijging hangt samen met specifieke palaeoecologische ontwikkelingen (§ 4.2.2.). Een verklaring voor deze variaties moet daarom tevens een verklaring verschaffen voor het optreden van afnemende en toenemende dynamiek in het ecosysteem.

Vastgesteld kan worden dat fasen met afgenomen grondwaterstijging en toegenomen dynamiek samenvallen met fasen waarin het tot sedimentatie van mariene afzettingen is gekomen. Dit is met name duidelijk voor de fase met sedimentatie van Jongere Unio klei. Ook in de fase waarin de Cardium klei werd afgezet is er blijkens de palaeobotanische analyses (de grondwatercurve geeft voor dit traject geen uitsluitel) sprake geweest van geringe grondwaterstijging (zie § 3.7.6). Mogelijk is ook tijdens de sedimentatie van de Oudere Unio klei sprake geweest van een vertraagde grondwaterstijging (zie hieronder). Aangenomen moet worden dat er een causaal verband bestaat tussen het optreden van mariene invloed en het toenemen van de dynamiek in het riviersysteem. Het ligt voor de hand daarbij in de eerste plaats te denken aan getijdewerking, hoewel ook opstuwing bij storm etc. een rol kan hebben gespeeld. Omgekeerd kan dan verondersteld worden dat fasen met geringe dynamiek samenhangen met het verdwijnen van mariene invloed uit het gebied bij Schokland. Een aanwijzing hiervoor is de rijkdom aan bladmossen en *Menyanthes* in het *Carex*veen dat gevormd werd in fasen met snelle grondwaterstijging. Het feit dat de fasen met snelle grondwaterstijging te correleren vallen met fasen van verminderde dynamiek en daarmee met het verdwijnen van de mariene invloed uit het gebied, maakt duidelijk dat de snelle waterspiegelstijging niet geïnduceerd zal zijn door een versnelling in de zeespiegelstijging, maar opgevat moet worden als een regionaal/lokaal verschijnsel. Zo ontstaat er voor het studiegebied Schokland een beeld van een ontwikkeling waarin fasen met een min of meer open contact met het getijdegeulensysteem afwisselden met fasen waarin juist isolatie ten opzichte van de kust plaatsvond. In het onderstaande wordt deze ontwikkeling (voor de periode 5000 -4200 BP) gecorreleerd met kustontwikkeling in Noord-Holland.

-Rond 5000 BP worden de eerste strandwallen in Noord-Holland gevormd (De Mulder en Bosch, 1982; Westerhoff et al., 1987)(zie ook fig 6.1). Tevens ontstonden zandige platen voor de kust (Zanden van Castricum) en slibden de getijdeafzettingen in het gebied achter de strandwallen (Beemster Afzettingen sensu Westerhoff et al., 1987) hoog op. Het lijkt aannemelijk dat de sterke grondwaterstijging bij Schokland in deze periode te verklaren valt uit deze sluiting van de kust, waardoor de uitwisseling tussen lagune en open zee (in belangrijke mate) werd geblokkeerd.

-Tussen 4900 en 4800 BP ontstond er vanuit het zeegat van Bergen een nieuw sedimentatiebekken (Hauwert-systeem; Westerhoff et al., 1987) in noordelijk Noord-Holland en sneed een nieuwe getijdegeul zich via de Wieringermeer in naar de Noordoostpolder. Deze geul diende tevens als nieuwe afwateringsgeul van de Overijsselse Vecht (De Mulder en Bosch, 1982)(zie ook fig 6.1). De sedimentatie van de Jongere Unio klei sluit aan bij het tot

ontwikkeling komen van het Hauwert-systeem, waardoor via de kop van Noord-Holland het contact van zee met de lagune en het achterland werd hersteld. Juist na 4800 BP komt een einde aan de versnelde stijging van de grondwaterstand in de Noordoostpolder en is de dynamiek in het riviersysteem toegenomen. In de periode tussen 4700 en 4500 BP begon in de kop van Noord-Holland veenvorming op te treden rond de getijde geulen waarop de Vecht afwaterde (De Mulder en Bosch, 1982). De getijdegeul die tussen 4900 en 4800 BP gevormd was functioneerde tot ca 4500 BP (De Mulder en Bosch, 1982). In de Noordoostpolder is tussen Urk en Emmeloord nog sprake van mariene invloed tot ca 4600-4500 BP, terwijl in de periode 4700 tot 4625 BP de mariene invloed op het veen maximaal lijkt te zijn (zie § 3.6.2). Gedurende de hele periode treedt er een stagnatie op van de grondwaterstijging bij Schokland, terwijl ook de overgang van *Carex*-veenvorming naar *Alnus*-broekveenvorming aanleiding geeft om te veronderstellen dat de stijging van het grondwater bij Schokland gering was.

-Blijkens de ontwikkelingen bij Schokland (versnelde waterspiegelstijging en verminderde grondwaterfluctuaties na ca 4400 BP) stagneert daar vanaf ca 4400 BP de verbinding met het getijdesysteem opnieuw. Een dergelijke ontwikkeling heeft zich blijkens de palaeobotanische gegevens echter niet voorgedaan in het studiegebied Urk (zie § 3.6.3). Daar volgde op de rietvenen en -kleien uit de Jongere Unio klei fase eerst een relatief droog Cladietum mariscum thelypteridetosum gevolgd door een Betuletum pubescentis na ca 4000 BP. Geconcludeerd moet dan ook worden dat de toegenomen waterspiegelstijging bij Schokland niet verklaard kan worden door een algemene verlanding van het getijdegebied in Noord-Holland. Het contact tussen het kustgebied en het gebied bij Urk blijft kennelijk bestaan, hetgeen overigens ook blijkt uit de enkele *Foraminiferae* die gevonden zijn in het Cladietum mariscum thelypteridetosum veen. Er is in deze fase bij Schokland dus sprake geweest van een meer lokale stagnatie van de afwatering, waarvan de oorzaak in het gebied tussen Urk en Schokland moet hebben gelegen. Inderdaad verlandde in deze fase het tussen beide gebieden in gelegen meer bij Emmeloord met *Phragmites*- en *Carex*-vegetaties, terwijl mogelijk tevens het geulsysteem zelf opgevuld raakte met de Oudere Detritus-Gyttja. Dat het in deze periode slechts lokaal tot stagnerende afwatering is gekomen lijkt plausibel gezien het feit dat het Hauwert-systeem in essentie continu gefunctioneerd heeft van ca 4900 - 3200 BP (De Mulder en Bosch, 1982; Westerhoff et al., 1987). Wel wisselde de positie van de getijdegeulen in het systeem in de loop van de tijd en trad er een zekere variatie op in de intensiteit van de getijdeinvloed in Noord-Holland. Dergelijke variaties lijken ook bij Urk geregistreerd te zijn, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van een *Chenopodiaceae*-rijk laagje in het hoogveen dat daar tussen ca 3895 en 3785 BP werd gevormd (en waarin ook een enkele *Foraminifeer* werd aangetroffen), gevolgd door een overgang naar een *Eriophorum vaginatum* vegetatie, met een relatief droog karakter en wisselende waterstanden (zie § 3.6.2).

-Rond 3600 BP is het contact tussen Schokland en het getijdesysteem hersteld (Cardium fase). Op grond van de beschikbare gegevens is niet in detail na te gaan hoe dit de grondwaterspiegelontwikkelingen heeft beïnvloed. Maar op grond van het feit dat tussen ca 3900 en 3800 BP op grote schaal ook bij Schokland Betuletum pubescentis vegetaties ontstonden moet wel worden aangenomen dat rond 3800 BP aan de versnelde grondwaterstijging een einde was gekomen. Omdat de analyses van het rietveen uit de Cardium fase wijzen op relatief lage gemiddelde grondwaterstanden (zie § 3.7.5 en 3.6.2) lijkt met name een zekere verrijking van het milieu verantwoordelijk voor de overgang van Betuletum pubescentis vegetaties uit de voorafgaande fase naar rietveen in de Cardium fase en niet een verhoging van de gemiddelde grondwaterstand. Bij de Zuidpunt van Schokland (ZP-kern) is dit het best waar te nemen. Hier uit de Cardium klei fase zich alleen door korte inundaties van de Berkenbroek-vegetaties (zie § 3.7.5) met marien water.

Voor ca 5000 BP heeft de kust in essentie een open karakter gehad (De Mulder en Bosch, 1982; Westerhoff et al., 1987; Van der Valk, 1992) en zal er continu uitwisseling mogelijk zijn geweest tussen zee, lagune en achterland. De grondwaterontwikkeling bij Schokland zal in deze fase daarom minder gevoelig zijn geweest voor lokale effecten en de curve zal in essentie het verloop van de algemene relatieve zeespiegelstijging weergeven. De geringe vertraging van de grondwaterspiegelstijging in de periode 5600-5300 BP (fig. 4.10b) hangt dus mogelijk samen met een vertraging in de algemene zeespiegelstijging, hoewel ook een afname van het getijdeamplitude denkbaar is. Aanwijzing voor een afgenomen stijging vormen mogelijk eiken die de oeverwallen van de Oudere Unio klei zijn aangetroffen (Menke en Lenselink, 1991) en

die suggereren dat reeds voor 5400 BP de oeverwallen langdurig droog lagen (zie § 3.5.2.3). De top van de oeverwallen is meestal goed doorworteld met boomwortels en de klei in de oeverwallen is gerijpt tot op grote diepte. Betrouwbare gegevens van elders omtrent fluctuaties in de zeespiegelstijging in deze fase zijn overigens niet voorhanden (zie opmerkingen § 4.2.1); het feit dat de "donkencurve" van Van de Plassche (1982, fig 58) tussen ca 5600 en 5300 BP een vertraging van de waterspiegelstijging suggereert berust o.i. op toeval.

Tenslotte is het opvallend dat juist tijdens de Cardium fase, bij een slechts gering stijgende waterspiegel en een zich steeds verder sluitende kust, de mariene invloed verder dan in voorafgaande fasen de Noordoostpolder kon binnendringen. Dit blijkt uit de verspreiding van de Cardium klei (fig 2.5) en uit het feit dat in de paleobotanisch onderzochte kernen veelvuldig taxa uit brakke getijdemilieu's (*Foraminiferae*, *Chenopodiaceae*, *Salicornia*) worden geregistreerd die het gebied binnen zijn gekomen. Van langdurig brakke omstandigheden is echter geen sprake geweest (Gehasse, 1989). Aangenomen moet worden dat de grote verbreiding van de mariene invloed tijdens de Cardium fase samenhangt met de reductie van het kombergingsgebied in deze fase. Bij hoge vloed en stormen kon sterke opstuwing van het zeewater plaatsvinden, dat daardoor diep landinwaarts kon doordringen. Aanwijzingen voor het optreden van korte perioden met hoge waterstanden zijn te vinden in het tot ontwikkeling komen van (abrasie)meren in het IJsselmeergebied en de Noordoostpolder tijdens de Cardium fase. Ook het feit dat bij de Zuidpunt van Schokland, op een afstand van 2 km van het rivierstelsel, inundaties met marien water zijn geregistreerd wijst op het incidenteel optreden van catastrofale vloed.

5 Genese van het voormalige eiland Schokland van het Noordoostpoldergebied.

5.1 Schokland

5.1.1 Inleiding

Alvorens een beeld te schetsen van de genese van het Noordoostpoldergebied in zijn geheel en in te gaan op de relatie met de ontwikkelingen in Noord-Holland, wordt eerst een gedetailleerde reconstructie gepresenteerd van de genese van het voormalige eiland Schokland. Een afzonderlijke behandeling van Schokland is om meerdere redenen op zijn plaats. De dichtheid en het detail van de beschikbare gegevens voor dit gebied is voor de gehele onderzochte periode (8000-3000 BP) aanzienlijk groter dan voor de Noordoostpolder als geheel. Dit hangt samen met het feit dat juist op Schokland de Holocene veensequentie geheel bewaard is gebleven, hetgeen gedetailleerd paleobotanisch onderzoek en uitgebreide datering van een aantal kernen mogelijk maakte. Om dezelfde redenen werd ook de ontwikkeling van de grondwaterstand in de tijd in de omgeving van het voormalige eiland gedocumenteerd. Op deze wijze kon een in dit gebied een optimale integratie en interpretatie bereikt worden van lithostratigrafische, paleobotanische, chronologische en grondwaterstandsgegevens. De hieruit resulterende gedetailleerde paleogeografische kaartjes voor het gebied rond Schokland (werkschaal 1:10.000) zijn ook met name van belang voor het archaeologisch onderzoek op en nabij het voormalig eiland. De kaartjes voor de Noordoostpolder als geheel (zie § 5.2.4) berusten op een veel minder dicht boornet en zijn deels geëxtrapoleerd op basis van de inzichten met betrekking tot de genese van Schokland.

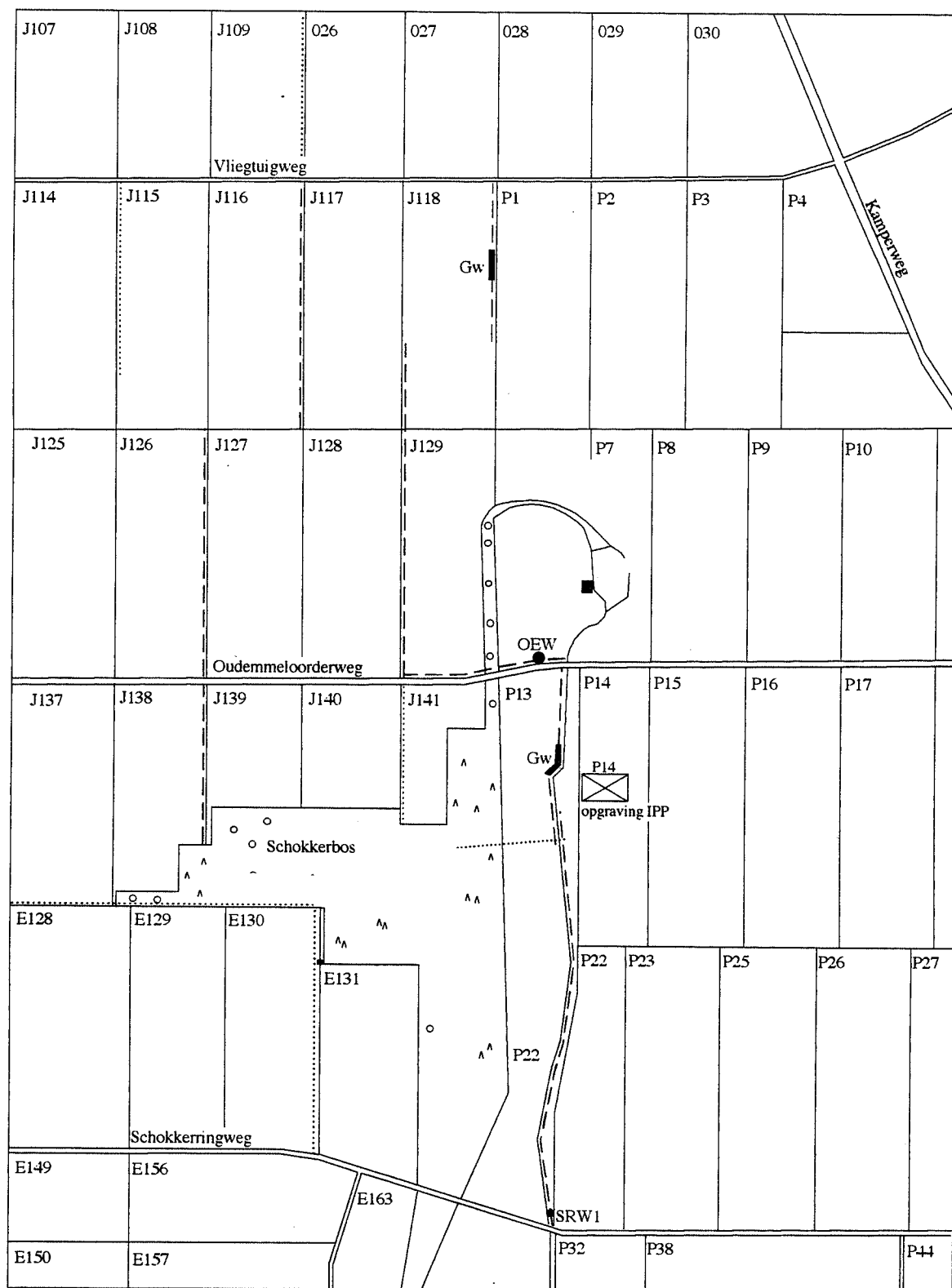
5.1.2 Methode

Op basis van het uitgebreide netwerk aan boringen dat tijdens het onderzoek over het eiland is gezet (zie fig. 5.1), aangevuld met reeds bekende gegevens (Wiggers, 1955; archief Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders) is allereerst een gedetailleerde kaart vervaardigd van de diepteligging van het Pleistoceen in het gebied (zie fig. 5.2). Vervolgens zijn met behulp van de gegevens over de ontwikkeling van de lokale grondwaterstand, de uitwichhoogtes van lithostratigrafische eenheden en de chronostratigrafische correlatie van de palaeobotanisch onderzochte kernen tijdslijnen door de boorprofielen getrokken. De gebruikte boorafstand (in het algemeen ca 40 meter, vaak 10-20 meter !) rechtvaardigt een basisschaal van 1:10.000 voor de paleogeografische kaarten (die overigens terwille van de publikatie daarna verkleind zijn).

5.1.3 Genese

5.1.3.1 Inleiding

Het voormalige eiland Schokland is een overblijfsel van een uitgestrekt veengebied, dat zich gedurende het Holoceen tussen de hogere Pleistocene gronden van Overijssel en de Noord-Hollandse kustzone heeft gevormd. Gedurende het Pleistoceen, tot in het Laat-Glaciaal, heeft zich in de Noordoostpolder een landschap ontwikkeld met een gevarieerd reliëf (zie fig 2.1). In de loop van het Holoceen ging het gebied deel uitmaken van de West-Nederlandse kustvlakte, onder invloed van de postglaciale zeespiegelstijging. Hierdoor begon veen tot ontwikkeling te komen op het Pleistocene substraat. In de voormalige lopen van de rivieren Vecht en IJssel, werd deze veenvorming drie keer onderbroken door de sedimentatie van klastisch materiaal in fasen van toegenomen mariene invloed (Jongere Unio klei, Oudere Unio klei, Cardium klei; voor de verbreiding van de Holocene mariene afzettingen in de polder zie figuren 2.4 en 2.5).

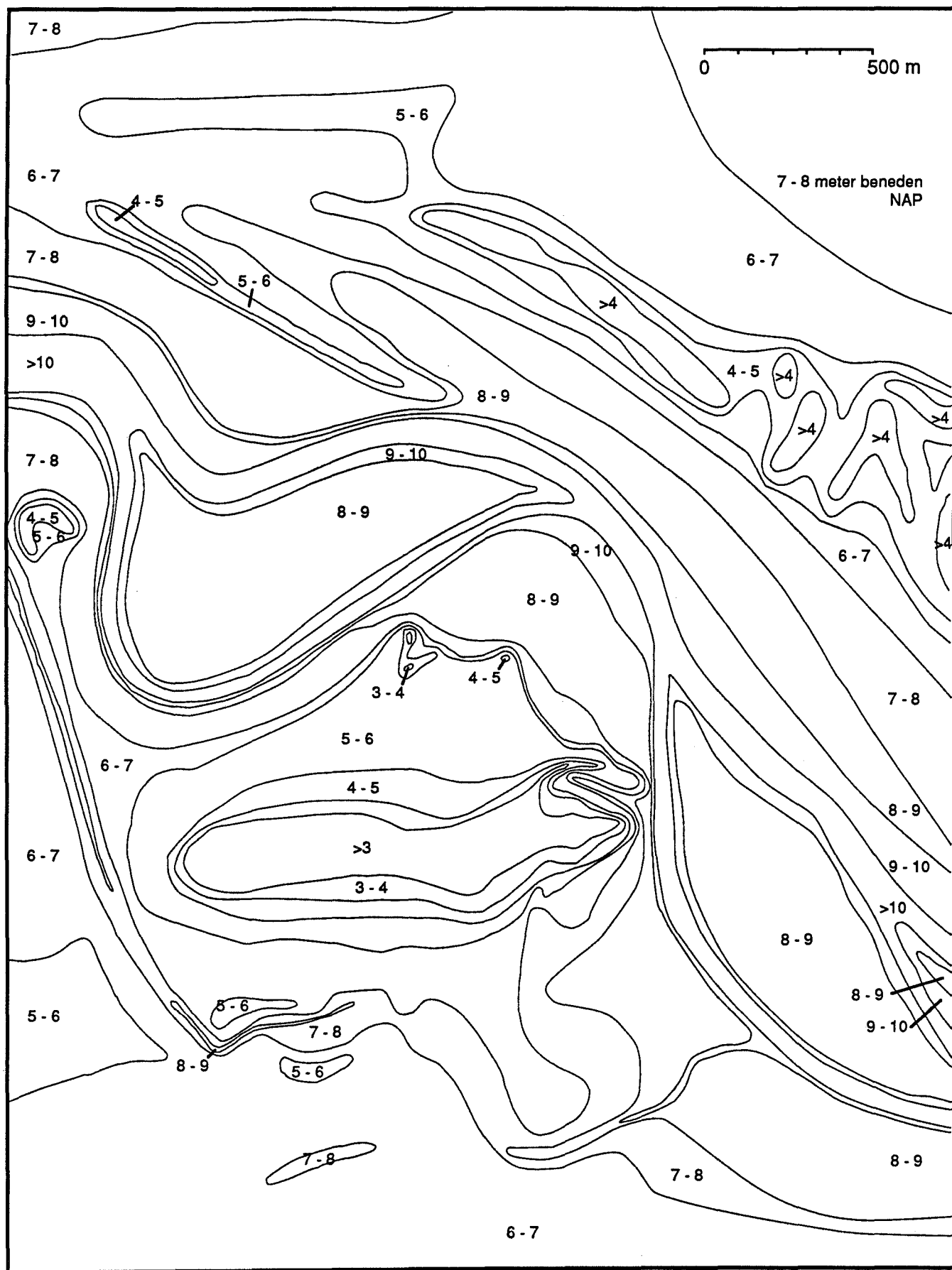


GW = Grondwatercurve lokaties
 • = Palaeobotanische kernen
 --- = Gepubliceerde boorraaien
 = Ongepubliceerde boorraaien
 P13 = Kavelnummer



0 500 m

Figuur 5.1 Overzicht gebruikte boorraaien Schokland



Figuur 5.2 Pleistocene dieptekaart Schokland

5.1.3.2 Pleistoceen

De oudste afzetting die op Schokland in de top van het Pleistocene substraat aangetroffen wordt, is keileem (zie fig 2.10). Volgens de klassieke opvatting lag gedurende de derde fase van de landijsbedekking in het Saalien het ijsfront op de lijn Castricum, Hoorn, Noordoostpolder (Urk, Tollebeek, Schokland en Voorst), Noordoost-Overijssel, waarbij eerder afgezet materiaal tot stuwwalletjes werd opgeperst (Jelgersma & Breeuwer in Zagwijn en Van Staalduinen, 1975; zie ook Ente, 1986). In de vierde van de ijsbedekking was het ijsfront meer noordelijk gelegen en ontstond in de Noordoostpolder het oerstroombdal van Rijn en Vecht (Jelgersma & Breeuwer, 1975; zie ook Ente, 1986). Gedurende het Eemien had de Rijn zijn belangrijkste geulen door de Noordoostpolder lopen. Wiggers (1955) beschreef zowel terrestrische als mariene afzettingen uit het Eemien in de Noordoostpolder. Nabij Schokland zijn ze in de top van het substraat niet aangetroffen. Gedurende het Weichselien behield de Rijn tot aan het Denekamp interstadiaal invloed in het gebied en werd er grof zand met grind afgezet (Wiggers, 1955). Nadat de Rijn zijn invloed had verloren, was een vlechtend riviersysteem gedurende het Boven-Pleniglaciaal in het zuidelijke deel van de NOP aanwezig (Wiggers, 1955). Dit systeem, dat gezien kan worden als de voorloper van de latere Vecht en IJssel, raakte opgevuld met steeds fijner klastisch materiaal, wat resulteerde in een afsluitende leemlaag (Wiggers, 1955). Buiten het riviersysteem werd verder nog Ouder en Jonger Dekzand afgezet (Wiggers, 1955). In het Jonge-Dryas Stadiaal vielen de rivierbeddingen van Vecht en IJssel droog, waardoor zand uit de beddingen tot rivierduinen werd opgestoven (Wiggers, 1955).

5.1.3.3 Holoceen

Schokland tussen 8000 en 6200 BP (figuur 5.3)

In de loop van het Holoceen raakte het gebied onder invloed van de postglaciale zeespiegelstijging. In de diepste delen, met name in het rivierdal (dieper -8 m NAP), raakte de top van het Pleistocene substraat hierdoor binnen het bereik van het grondwater. Uit de beschikbare zeespiegelcurven (Van de Plassche, 1982) blijkt dat dit ruim voor 6200 BP moet hebben plaatsgevonden. In het rivierdal werd een fijne detritus afgezet, terwijl lateraal zeggerietveen, rijk aan *Typha spec.*, *Oenanthe aquatica*, *Alisma plantago-aquatica* en *Lythrum salicaria*, tot ontwikkeling kwam, waarin tevens *Menyanthes trifoliata* en *Solanum dulcamara* groeiden (zie profiel I). Op de hogere delen in het gebied, de Pleistocene opduikingen, groeide waarschijnlijk een eiken-berken bos, omzoomd door een smalle zone waarin Elzen een belangrijke rol speelden.

Schokland tussen 6200 en 5300 BP (figuur 5.4)

Na 6200 BP werd in het rivierdal mariene klei (Oudere Unio klei, zie ook figuur 2.4) afgezet op de fijne detritus. Eerst werden de diepste delen van het dal opgevuld met klei. Waar geen sedimentatie van klei plaatsvond, werd een groene gyttja afgezet (zie profiel I). In de loop van de tijd ontwikkelden zich oeverwallen langs de stroombanen in het dal. De oeverwallen zijn licht gerijpt tot een grote diepte (zie § 2.2.2.2) en zullen dus vanaf het begin van hun ontstaan al regelmatig droog hebben gelegen. Langs de oeverwallen groeide riet, terwijl op de oeverwallen enkele Wilgen zullen hebben gestaan, getuige de doorworteling van de oeverwallen en de bladresten in de komkleien (zie profiel I). Het hele riviersysteem werd omzoomd door een rietgordel die lateraal overging in zeggeriet- en zeggeveen (zie profiel I). Uit macrorestenanalyse is gebleken dat deze rietgemeenschappen rijk geweest zijn aan *Lythrum salicaria* en *Typha spec.* Op de droogste delen, zoals langs het opduikend substraat, groeiden tevens Elzen in het veengebied. De aanvoer van mariene klei en de ontwikkeling van oeverwallen en kommen wijzen samen met de gevonden resten van zoetwater vegetaties op de aanwezigheid van een zoetwatergetijdemilieu.

Schokland tussen 5300 en 5100 BP

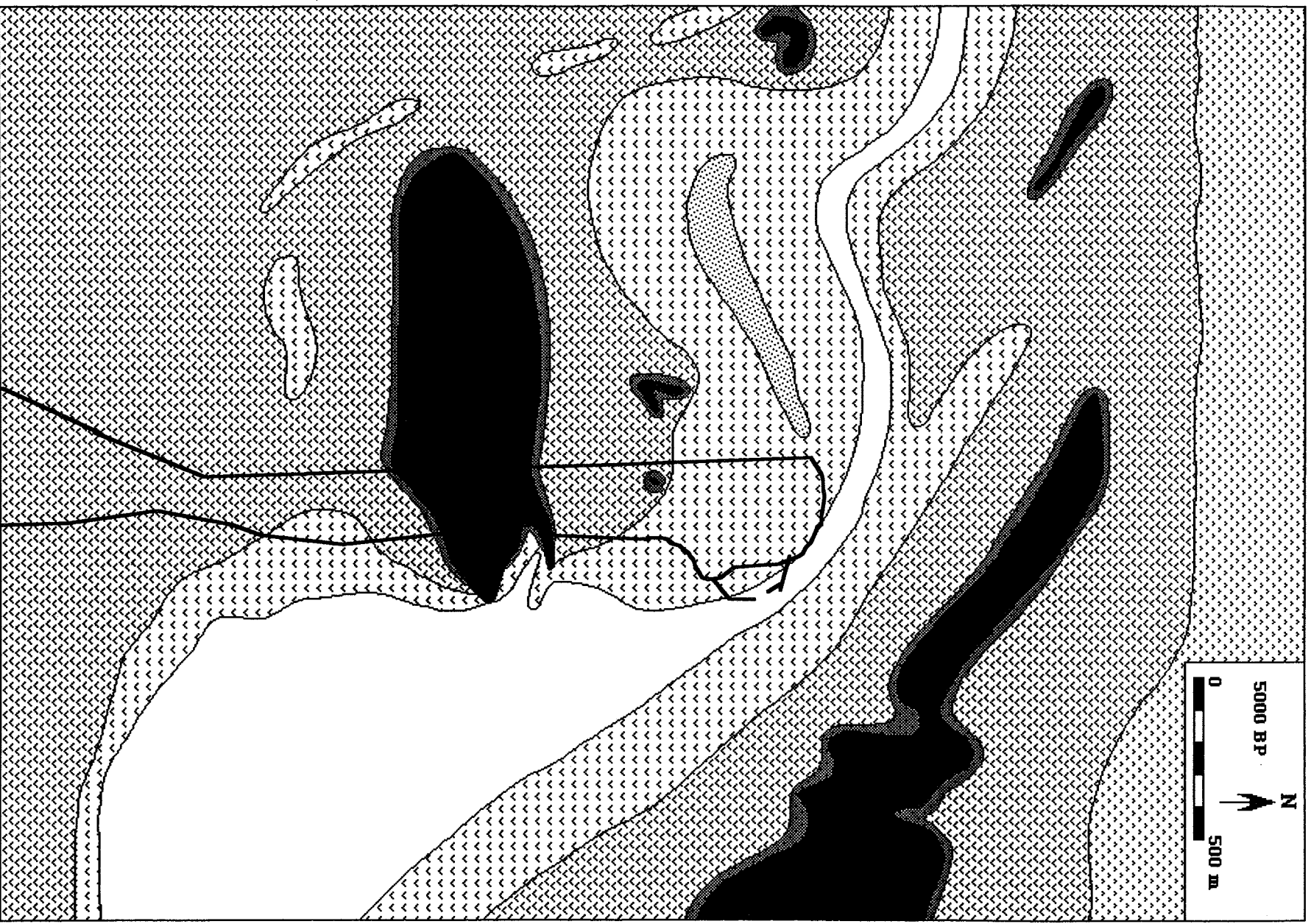
Gedurende deze fase raakten de kommen steeds meer geïsoleerd ten opzichte van de geulen en werd geen klei meer in de riviervlakte afgezet. Het ondiepe water dat in de kommen stond werd



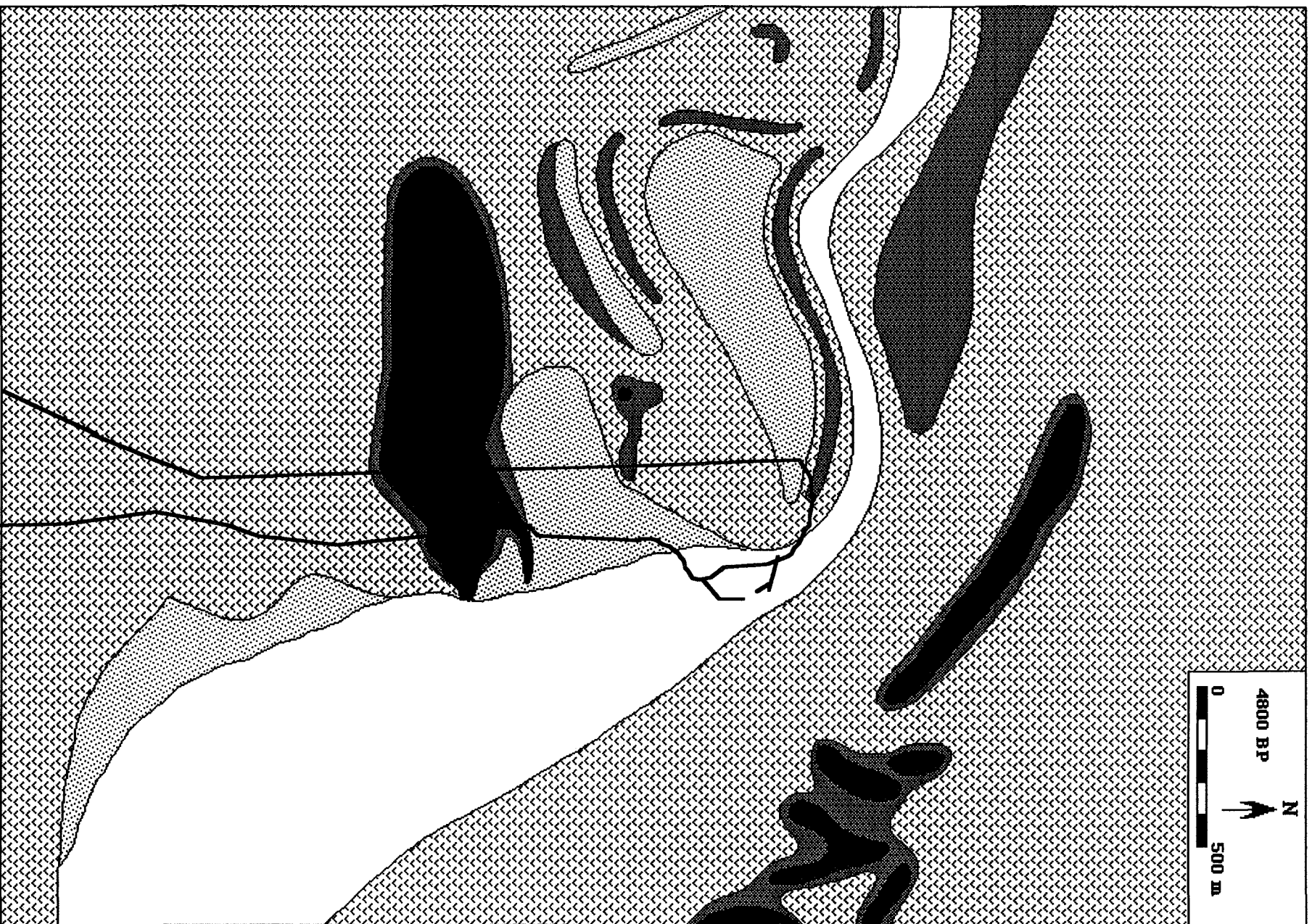
Figuur 5.3 Schokland tussen 8000 en 6200 BP (legenda, zie bijvoegsel)



Figuur 5.4 Schokland tussen 6200 en 5300 BP (legenda, zie bijvoegsel)



Figuur 5.5 Schokland tussen 5100 en 4900 BP (legenda, zie bijvoegsel)



Figuur 5.6 Schokland tussen 4900 en 4700 BP (legenda, zie bijvoegsel)

opgevuld met grove detritus, rijk aan bladresten en hout. De soms lichte tot matige doorworteling van deze detritus wijst op de aanwezigheid van zeggen en geringe waterdiepten. De begroeiing met riet langs de oeverwallen verdween en werd opgevolgd door zeggesoorten met *Menyanthes trifoliata*, *Alisma plantago-aquatica*, *Lythrum salicaria*, *Thelypteris palustris* en *Typha spec.*, die langzaam maar zeker dieper de natte delen van de riviervlakte binnendrongen. Uiteindelijk leidde deze verlanding tot lokale groei van Elzen in de riviervlakte. In de onderzochte kernen buiten het rivierdal lijkt het aandeel elzenresten (hout en blad) iets af te nemen. Gebleken is uit de macrorestenanalyse dat dit deel van deze kernen vaak *Alisma plantago-aquatica* vruchten bevat. Afnemende verticale waterbewegingen zullen stabielere water niveaus hebben veroorzaakt waardoor een homogener vegetatiebeeld in het gebied ontstond.

Schokland tussen 5100 en 4900 BP (figuur 5.5)

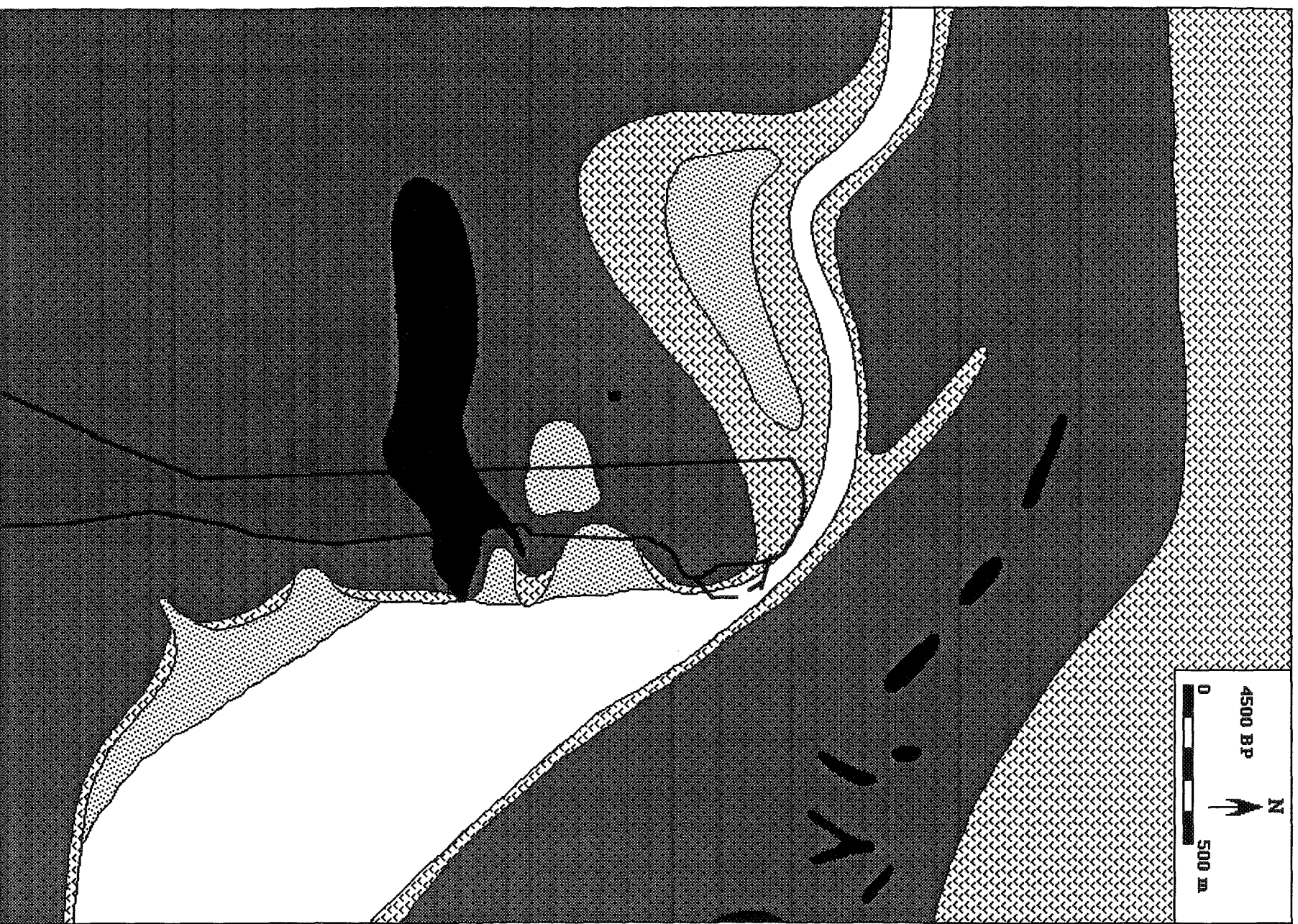
Een opvallend en goed herkenbaar fenomeen in de boringen is de aanwezigheid van een veenlaag, die vaak voor het overgrote deel uit zeggeworteltjes met *Menyanthes trifoliata* zaden bestaat. Deze laag is tussen 5100 en 4900 BP gevormd (zie § 3.5.2.1). De goede preservatie van het veen en het geringe aandeel aan amorf materiaal duiden op weinig omzetting en dus zeer natte condities tijdens de veenvorming. In de riviervlakte lijkt het veen vaak vrij scherp te liggen op de grove detritus die afgezet werd in de vorige fase. Het is dan ook aannemelijk dat het hier om drijftrillen gaat. Buiten het rivierdal is de conservering van het veen minder goed en is er nooit een zeer scherpe overgang met de er onderliggende venige pakketten. De *Carex*-soorten die het veen hebben gevormd zijn *Carex pseudocyperus*, *C. sect. Acutae*, *C. paniculata* en *C. rostrata*. Verder zijn er *Cicuta virosa*, *Berula erecta* en *Menyanthes trifoliata* vruchten en zaden gevonden. Dit duidt op matig eutrofe condities en dus een geringer contact met rijk rivierwater. Ook wijst de eentonigheid van het vegetatiebeeld op vrij constante waterstanden en condities over het hele gebied, en dus op de afwezigheid van duidelijke gradiënten in het milieu.

Schokland tussen 4900 en 4700 BP (figuur 5.6)

Vanaf 4900 werd er in het rivierdal weer grove detritus afgezet. Lokaal kan in de detritus klei (Jongere Unio klei) worden aangetroffen als een dun laagje. Naar de randen van het open water in de riviervlakte toe is de detritus vaak matig doorworteld en bevat deze tevens hout- en bladresten. De macrorestenanalyse van een sectie in de riviervlakte laat zien dat *Alnus* deel uitmaakte van de oevervegetatie, die voor het belangrijkste deel uit zeggen bestond. De aanwezigheid van *Alnus* in de oeverzone van de riviervlakte duidt op wisselende waterstanden. Perioden met lage waterstanden duurden lang genoeg om de penetratie van *Alnus* in de oevervegetatie mogelijk te maken, hoewel de riviervlakte zelf permanent onder water stond, blijkens de aanwezigheid van *Menyanthes trifoliata*. De klei in de riviervlakte is aangevoerd tijdens hoge waterstanden. Reeds 4 km stroomafwaarts is deze klei als een echte komklei ontwikkeld, terwijl 7 km stroomafwaarts gedurende deze fase zelfs een groot meer opgevuld werd met klei (zie fig 2.4). Op enige afstand van het riviersysteem ging de ontwikkeling van *Carex*veen overigens door. De conservatie van dit veen is echter geringer dan in de voorafgaande fase en de grondwaterstand zal dan ook niet permanent boven het venige oppervlak hebben gelegen.

Schokland tussen 4700 en 4400 BP (figuur 5.7)

Na 4700 brak een periode aan waarin elzen een belangrijke rol speelden in de vegetatie. In de riviervlakte werd nog steeds grove detritus afgezet. Deze detritus bevat behalve *Alnus*-vruchten ook zaden van *Menyanthes trifoliata*. In het diepste deel van de riviervlakte groeide dus *Menyanthes trifoliata*, terwijl rondom de riviervlakte elzen-zeggevenen tot ontwikkeling kwamen. Deze elzen-zeggevenen zijn over het gehele gebied te vervolgen. Lokaal blijken *Menyanthes*-zaden te wijzen op nattere en meer open elzen-zegge-vegetaties. De uniformiteit van de vegetatie en de lokale aanwezigheid van *Menyanthes trifoliata* duiden op de afwezigheid van duidelijke gradiënten en tevens op een niet al te voedselrijk milieu. De macroresten- en pollenanalyses laten verder zien dat na 4450 BP een vernatting optrad in de elzen-zeggevenen. Het aandeel Elzenresten neemt af terwijl de hoeveelheid resten van zeggen, met name *Carex pseudocyperus*, duidelijk toeneemt. Tevens blijken veel vruchten van *Alisma plantago-aquatica* aanwezig te zijn in dit deel van het veen.



Figuur 5.7 Schokland tussen 4700 en 4400 BP (legenda, zie bijvoegsel)



Figuur 5.8 Schokland tussen 4000 en 3800 BP (legenda, zie bijvoegsel)

Schokland tussen 4400 en 4000 BP

Een duidelijke vernatting leidde uiteindelijk tot een verminderde aanwezigheid van *Alnus* in het vegetatiebeeld. In de riviervlakte trad een definitieve verlanding op met *Carex*-vegetaties die vaak zeer goed geconserveerd zijn, hetgeen op zeer natte omstandigheden duidt. Dit wordt bevestigd door de *Menyanthes*-zaden die bij het veldonderzoek in deze laag in het rivierdal zijn aangetroffen. In het zuiden van het gebied verdween *Alnus* na ca 4200 BP uit het vegetatiebeeld en ontstond een vegetatie van *Carex* en *Salix*. Alleen vlak langs de rivier kon *Alnus* zich tot ca 4000 BP in stand houden in een vrij natte en open zegge-elzenbroekbos-vegetatie. Uit de macroresten- analyse blijkt de aanwezigheid van diverse indicatoren voor zeer natte condities in het zeggeveen uit deze fase (*Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*). In sommige monsters wijst de aanwezigheid van zaden van *Potentilla palustris* op iets minder eutrofe condities. Hoewel de precieze fase waarin Oude Detritus-Gyttja is afgezet niet bekend is, lijkt het waarschijnlijk dat dit in deze of in de volgende fase begonnen is. De Oude Detritus-Gyttja gaat namelijk lateraal over in veenpakketten van deze ouderdom (4400 -3650 BP).

Schokland tussen 4000 en 3800 BP (figuur 5.8)

Gedurende deze fase verdwenen de laatste Elzen uit de vegetatie langs de rivier. In feite groeide overal een vorm van *Carex*-vegetatie, waaruit veelal goed geconserveerd veen ontstond. In het zuiden kwam ook *Salix* voor in deze vegetatie, terwijl in de buurt van open water in het noorden van het gebied vaak *Phragmites australis* resten gevonden zijn. *Salix*-, *Carex*- en *Phragmites*-vegetaties zijn bestand tegen veel grotere waterdiepten en tegen meer permanent natte condities dan *Alnus*-vegetaties. Het verdwijnen van *Alnus* zal dan ook samen hebben gehangen met een duidelijke vernatting van het milieu. Omdat in het meest westelijke deel van het studiegebied Schokland afzettingen uit deze en de volgende fasen door erosie verdwenen zijn, berusten de betreffende kaartjes voor een groot deel op extrapolatie vanuit de profielen waarin de gehele sequentie vertegenwoordigd is (Profiel IV, V, VI, VII en VIII).

Schokland tussen 3800 en 3650 BP (figuur 5.9)

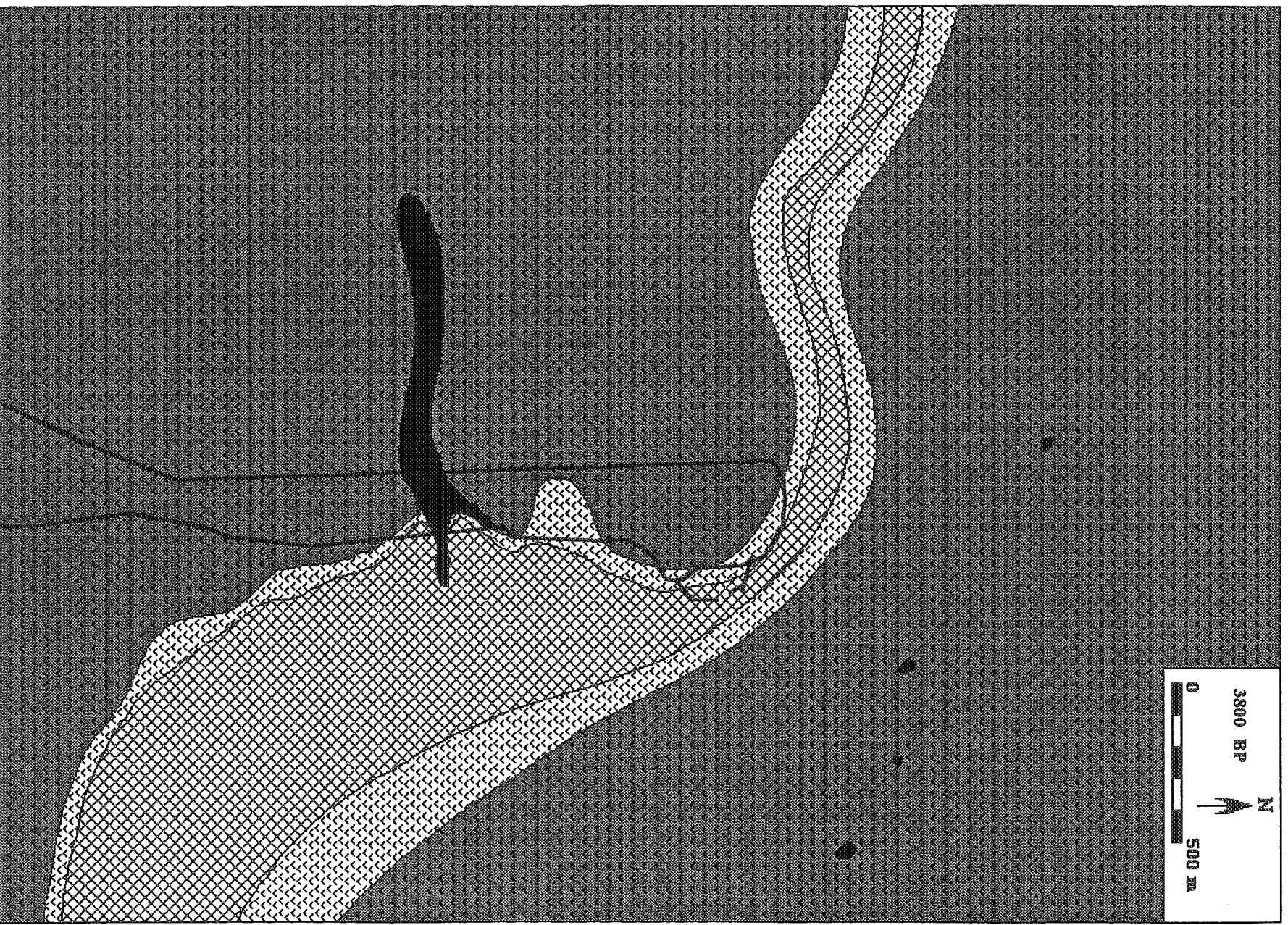
Volgend op de verdrinking uit de voorafgaande fase ontwikkelde zich een vegetatie van *Myrica gale*, *Betula spec*, *Carex spec* en wat *Sphagnum*. Kennelijk raakte de vegetatie geïsoleerd ten opzichte van rijk grond- en oppervlaktewater. In de boringen is deze zone slechts af en toe te herkennen als een wat houtrijke zone, maar meestal is de fase macroscopisch onherkenbaar, mede door het feit dat rietwortels van de volgende fase het beeld verstoren. In de palaeobotanisch onderzochte kernen is deze fase zowel in het dal van de Vecht als ver daarvandaan gevonden.

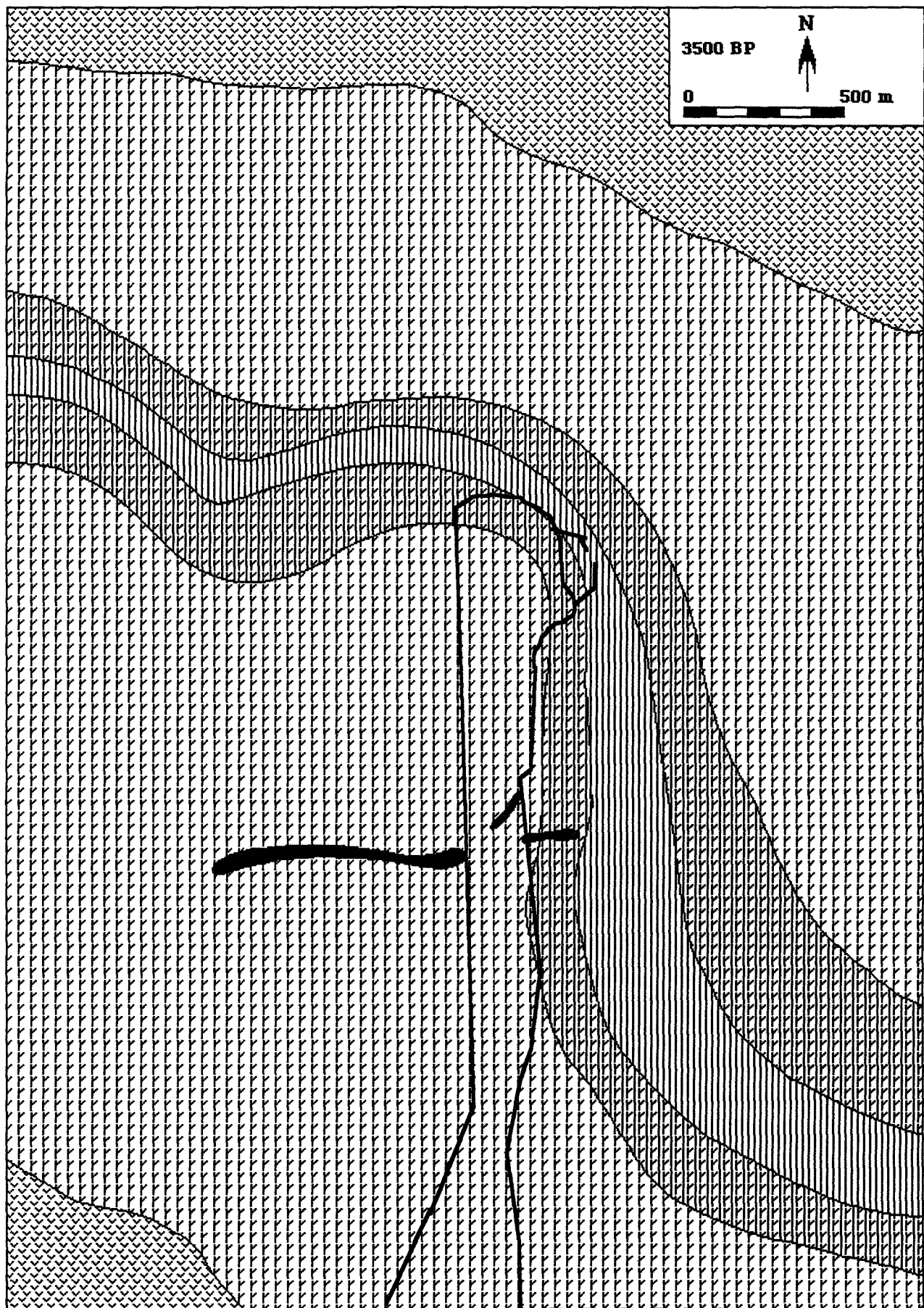
Schokland tussen 3650 en 3450 (figuur 5.10)

De overgang naar uitgestrekte rietvelden in deze fase wordt begeleid door de sedimentatie van zogenaamde Cardium klei in en nabij de rivier (zie ook fig 2.5). Uit de analyses is gebleken dat behalve klei ook zoutwatergetijde-indicatoren (*Foraminiferae*, *Chenopodiaceae*, *Salicornia*) in het rietveen en de klei aanwezig zijn. Verder zijn vooral resten van *Typha spec.* en in mindere mate van *Scirpus lacustris* gevonden in het veen, terwijl ook *Urtica urens*, *Eupatorium cannabinum* en *Lycopus europaeus* resten aangetroffen zijn. Het onderzoeksgebied vormde in deze fase het meest oostelijke deel van een brak tot zoet getijdemilieu. Daar uit de analyses van de amphibieënresten uit de archeologische vindplaats P-14 van permanente brakke condities niets is gebleken (Gehasse, 1989), moet worden aangenomen dat de condities overwegend zoet waren.

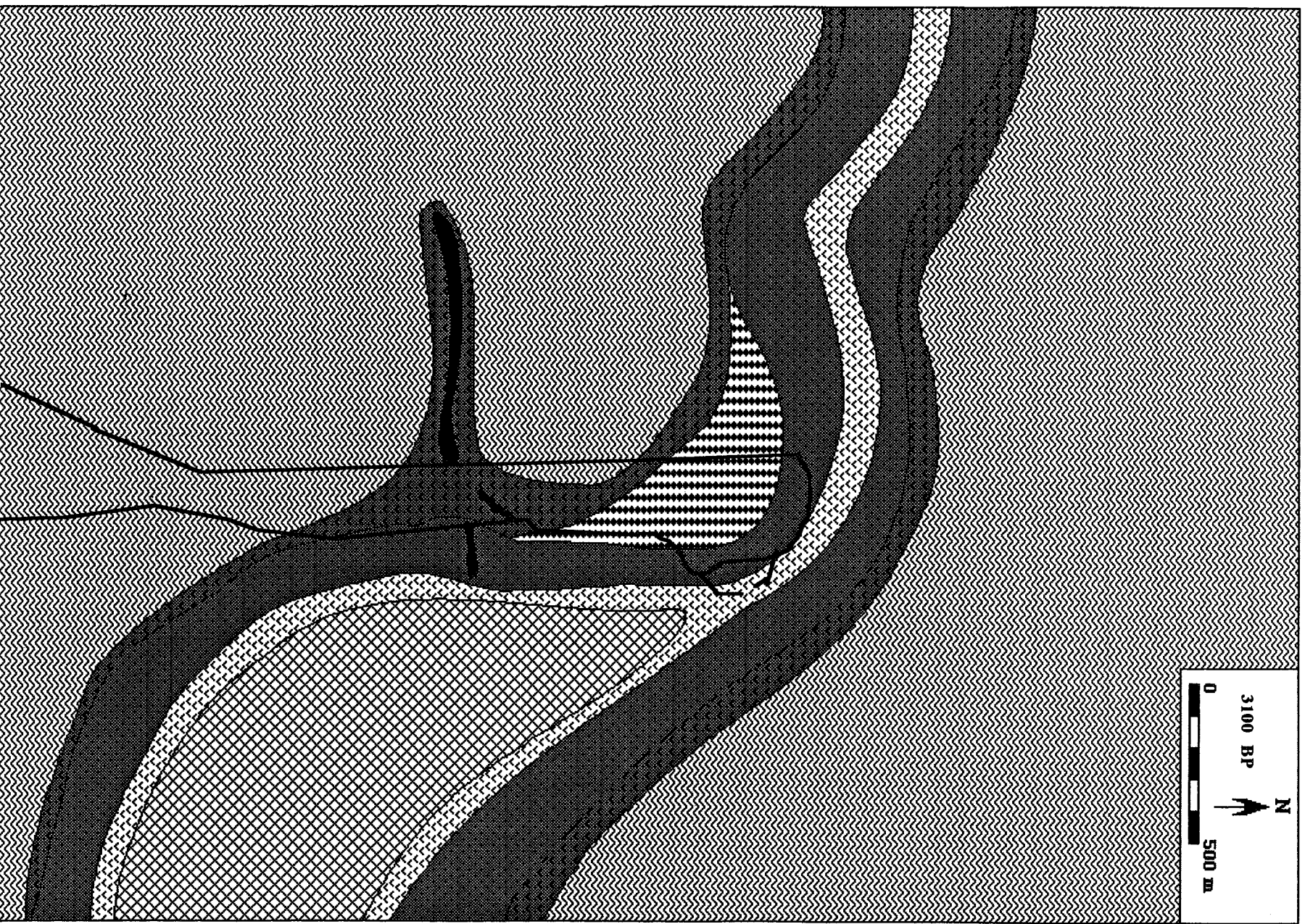
Schokland tussen 3450 en 3350 BP

Nadat de mariene invloed in het gebied was verdwenen, zette zich snel een successie naar voedselarme hoogveenvegetaties in. Lokaal ligt het hoogveen vrijwel direct op het rietveen uit de vorige fase, maar vaak treedt er eerst een fase met *Carex paniculata* en/of *Cladium mariscus* op. Ook worden in dit veen *Lychnis flos-cuculi* en *Hydrocotyle vulgaris* zaden en vruchten gevonden, die de beginnende vershraling van het milieu aankondigen.





Figuur 5.10 Schokland tussen 3650 en 3450 BP (legenda, zie bijvoegsel)



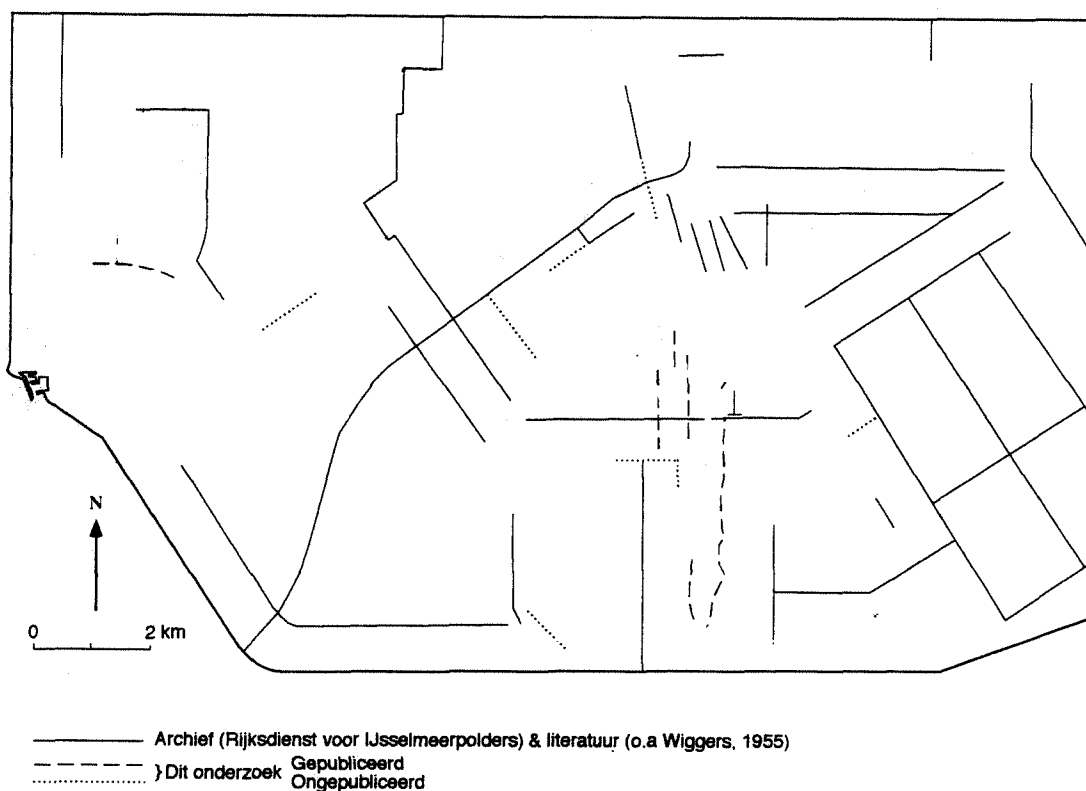
Figuur 5.11 Schokland na 3200 BP (legenda, zie bijvoegsel)

Schokland tussen 3350 en 1200 BP (figuur 5.11)

Uiteindelijk raakte nagenoeg het gehele gebied met hoogveen bedekt. Profielen van de Rijksdienst voor IJsselmeerpolders (archief) laten zien dat de voormalige Vecht nu geheel was dichtgeslibd en begroeid was geraakt met elzenbroekveen. Het hoogveen zelf bestaat voor het grootste deel uit heidesoorten met *Myrica gale* en *Eriophorum*, afgewisseld door *Sphagnum*-vegetatie. De vele sklerotia van *Cenococcum geophilum* uit de heidevenen duiden op vrij droge condities in het hoogveen.

Schokland tussen 1200 BP en heden

Het einde van de veengroei kwam met de inundatie van het veen met kleirijk water. In veel gevallen was deze erosief maar lokaal kon de voedselarme hoogveenvegetatie overgaan in kleirijke riet-zegge-vegetaties, om vervolgens volledig met klei bedekt te raken. Na 1200 BP keerde de mens terug in het gebied, dat sinds 3100 BP verlaten was. Van 1200-800 BP leefden mensen op opgeworpen terpjes. Na 1200 AD beschermden dijken het gebied dat nu de vorm van een eiland had. Dit vertraagde de erosie, die gepaard ging met het ontstaan van de Zuiderzee, aanzienlijk, hoewel verdere afkalving van het eiland Schokland niet kon worden voorkomen. In 1859 beval de regering dan ook om het eiland te ontruimen. Het is opvallend dat sinds die tijd geen erosie van het eiland meer heeft plaatsgevonden. In 1941 kwam er een eind aan het bestaan van het eiland Schokland, toen het deel ging uitmaken van de nieuwe polder, de Noordoostpolder.



Figuur 5.12 Overzicht van de gebruikte profielen uit de Noordoostpolder

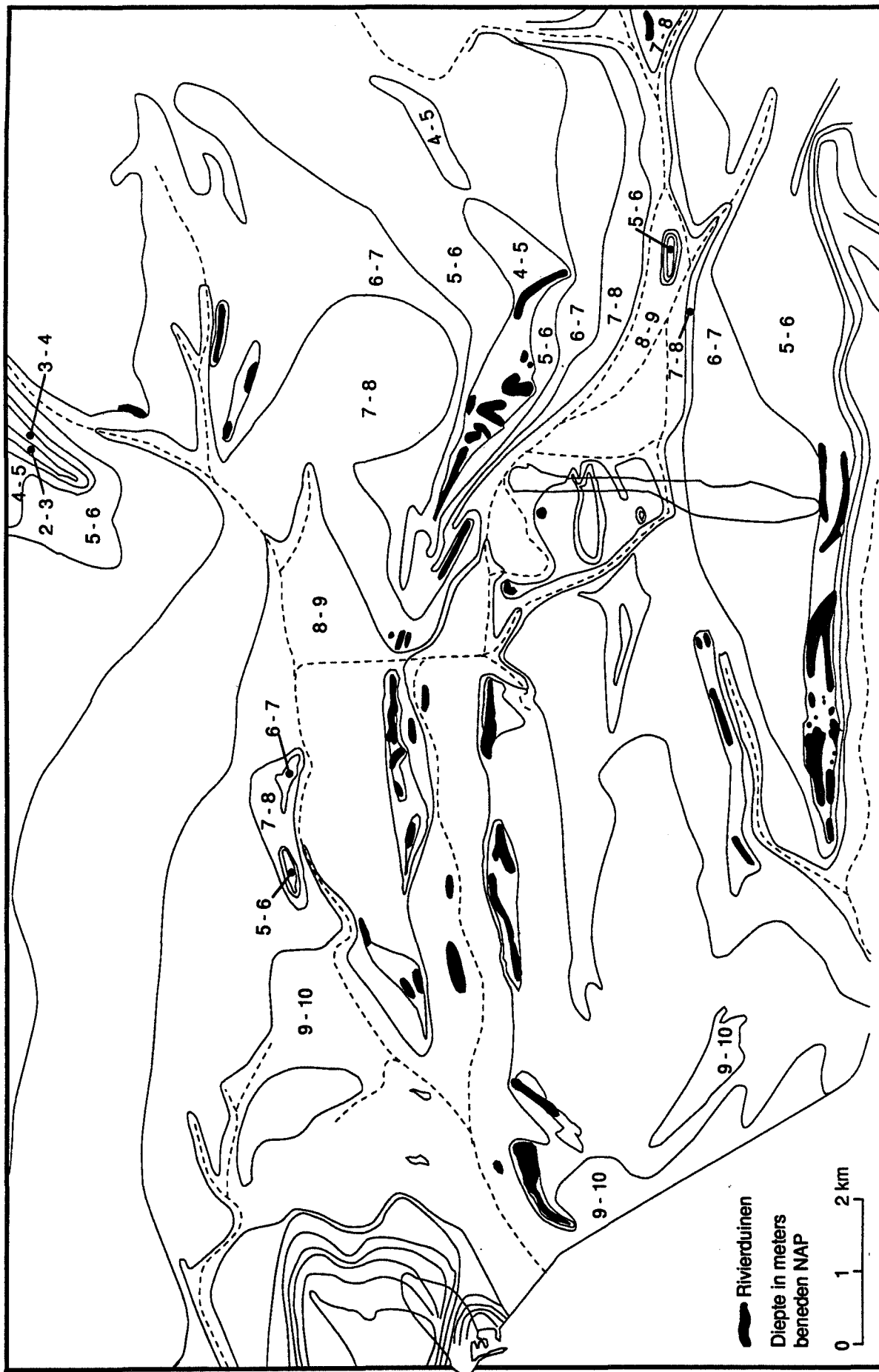
5.2 De landschappelijke ontwikkeling van de Noordoostpolder in relatie tot de genese van Noord-Holland: De benedenstroom van de Vecht.

5.2.1 Inleiding

Getracht is om naast de gedetailleerde reconstructie van het gebied rond het voormalig eiland Schokland (zie 5.1) ook de landschappelijke ontwikkeling van de gehele Noordoostpolder te visualiseren (zie fig 5.14 t/m 5.19). Hiervoor is met name gebruik gemaakt van gegevens uit het archief van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders (Lelystad) en bestaande literatuur over de Noordoostpolder (m.n. Wiggers, 1955; Ente, 1986; Klaar, 1951). Met name de opbouw van de bovenste 1.5 meter van het profiel in de Noordoostpolder is goed te traceren met behulp van de Bodemkundige Code- en Profielkaart van de Noordoostpolder (Blad 1 t/m 21, Directie van de Wieringermeer, Noordoostpolderwerken, 1947) waarin alle slootkantprofielen uit de polder zijn weergegeven. Om inzicht te krijgen in de opbouw van de veenpakketten in het gebied tussen de studiegebieden Urk en Schokland zijn in dat gebied tevens diverse boringen gezet. De resultaten daarvan zijn niet in deze studie opgenomen, omdat ze over het algemeen maar een deel van de Holocene sequentie vertegenwoordigen en er daarenboven meestal sprake is van een bijna homogene *Carex*veen sequentie met enkele moslagen. Alle boringen en profielen zijn ondergebracht in het archief van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders te Lelystad. Voor een overzicht van de gebruikte profielen zie figuur 5.12.

5.2.2 Methode

Als uitgangspunt voor de constructie van de kaartjes die de palaeogeografische ontwikkelingen in de Noordoostpolder weergeven is een aangepaste versie van de Pleistoceen- dieptekaart van Wiggers gebruikt (1955) (fig 5.13). Aan de hand van de benaderde ouderdom van de verschillende ontwikkelingsfasen is de bijbehorende grondwaterstand gereconstrueerd op basis van de bij het huidige onderzoek verkregen gegevens (uitwighoogtes van verschillende afzettingen, grondwatercurve). Uitgaande van een bepaalde grondwaterstand is vervolgens aangehouden dat onder ongestoorde condities Elzenbroekbosveen gevormd wordt net boven het gemiddelde hoogwater, zeggeveen tussen gemiddeld hoog- en laagwater en rietveen beneden gemiddeld laag water (Overbeck, 1975). Aangenomen is dat op droogliggende Pleistocene gronden een eikenbos, al dan niet rijk aan berken, aanwezig was. Verder is rekening gehouden met de gegevens van de palaeobotanische analyses en de reconstructie van de in detail onderzochte gebieden rond Schokland en Urk. Actualistische landschappelijke en vegetatiekundige ontwikkelingen in vergelijkbare situaties (bijvoorbeeld: successiereksen) hebben als referentiekader gefungeerd. De begrenzing van de diverse landschappelijk/ecologische eenheden op de kaartjes is veelal arbitrair en berust, bij gebrek aan meer concrete gegevens, op enerzijds het reliëf van de Pleistocene ondergrond en anderzijds de afstanden tot de voormalige rivieren of opduikend Pleistoceen substraat. Van de serie paleogeografische kaartjes zijn de oudste (figuren 5.14 t/m 5.16) meer betrouwbaar dan de jongere omdat de klei- en veenpakketten uit de oudere ontwikkelingsfasen in vrijwel de hele polder bewaard zijn gebleven in de ondergrond. Dit geldt met name voor het kaartje waarin de situatie tijdens de Oudere Unio klei transgressie wordt gevisualiseerd (fig 5.15). De kaartjes van de jongere fasen berusten voor een groot deel op extrapolatie vanuit de studiegebieden bij Schokland en Urk en daarnaast op een beperkt aantal concrete data uit de literatuur- en archiefgegevens.



Figuur 5.13 Vernieuwde Pleistocene dieptekaart van het zuidwestelijke deel van de Noordoostpolder

5.2.3 Literatuur overzicht

5.2.3.1 Pleistoceen

Voor een overzicht van literatuurgegevens met betrekking tot de ontwikkeling van het gebied gedurende het Pleistoceen wordt verwezen naar hoofdstuk 2 (paragrafen. 2.1.2.1t/m 2.1.2.4) en § 5.1.3.2.

5.2.3.2 Holocene

Als gevolg van de postglaciale zeespiegelstijging verdronk het Pleistocene landschap in de loop van het Holoceen en trad veenvorming. Eerst verdronken de diepste delen van het Pleistocene oppervlak, met name de rivierdalen van Vecht en IJssel, gevolgd door de minder diepe delen in latere periodes. In de rivierdalen is de veengroei drie maal onderbroken geweest door sedimentatie van klastisch materiaal van mariene herkomst. Deze afzettingen staan bekend als respectievelijk Oudere Unio klei, Jongere Unio klei en Cardium klei. Buiten de rivierdalen kon de veenvorming zich voortdurend handhaven, totdat (vaak pas in de Postromeinse tijd) erosie verder veenontwikkeling verhinderde.

Oudere Unio klei (6200-5300 BP) (zie fig. 2.4)

De voortdurende stijging van de zeespiegel leidde in de loop van het Atlanticum uiteindelijk tot het ontstaan van een waddengebied ten westen van de Noordoostpolder. Rond 6500 BP had het gebied met een getijdemilieu zich oostwaarts tot in de omgeving van de Noordoostpolder uitgebreid. De getijdeafzettingen uit deze fase staan bekend als de Beemster afzettingen; ze zijn afgezet in een situatie met een open kust (Pons en Wiggers, 1959/1960; Westerhoff et al., 1987; De Mulder en Bosch, 1982). Van 6200 BP tot 5300 BP werd door getijdestromingen klastisch materiaal tot diep in de Noordoostpolder getransporteerd (Wiggers, 1955; Ente, 1971). Deze afzettingen werden in de Noordoostpolder oorspronkelijk als de zogenaamde Unio klei beschreven (Muller en Van Raadshoven, 1947). Later onderzoek (Pons en Wiggers, 1959/1960; Ente, 1971) toonde aan dat de Unio klei in twee fasen is afgezet. In deze studie wordt daarom de oudste Unio klei aangeduid als Oudere Unio klei. In de rivieren Vecht en IJssel is de Oudere Unio klei onder invloed van getijde bewegingen in een oeverwallen-kommen systeem afgezet. De verbreiding van de Oudere Unio klei is weergegeven in fig. 2.4.

Jongere Unio klei (4900-4630 BP) (zie fig. 2.4)

Rond 5000 BP bereikte de West-Nederlandse kust zijn meest oostelijke positie. Vanaf dat moment vond uitbouw van strandwallen in westelijke richting plaats (De Mulder en Bosch, 1982; Van der Valk, 1992). De opbouw van de strandwallen veroorzaakte een verandering van een open kust naar een meer gesloten kust met nog slechts enkele zeegaten. In Noord-Holland werden de belangrijkste getijde geulen in een meer noordwaartse richting gedwongen (De Mulder en Bosch, 1982). Met name het ontstaan van het 'Zeegat van Bergen', na 4900 BP, leidde tussen 4900 en 4800 BP tot de insnijding van een belangrijk nieuw getijdegeulensysteem in de kop van Noord-Holland (Hauwert-systeem; Westerhoff et al., 1987). Grote hoeveelheden klastisch materiaal werden via dit systeem naar de kop van Noord-Holland en de Noordoostpolder aangevoerd (De Mulder en Bosch, 1982). In de Noordoostpolder kreeg de rivier de Vecht een noordelijker koers en verliet de Noordoostpolder nu ten noorden en niet meer ten zuiden van het voormalig eiland Urk. Tevens ontstond er bij de huidige stad Emmeloord een groot meer waarin dikke pakketten klei zijn afgezet. Het ontstaan van het meer en de nieuwe afwateringsgeul zijn gepaard gegaan met diepe insnijding (-14 m NAP) tot in het Pleistocene substraat. De klei die werd afgezet in het meer en in de voormalige riviergeulen is in het verleden Unio klei genoemd (Muller en van Raadshooven, 1947; Wiggers, 1955), maar omdat, zoals hierboven opgemerkt de Unio klei in twee fasen is afgezet (Pons en Wiggers, 1960; Ente, 1971) wordt deze verder Jongere Unio klei genoemd. Veen aan de top van de Jongere Unio klei is gedateerd op 4630 +/- 90 BP, GRN 5391, Zagwijn, 1973). Figuur 2.4 laat de verbreiding van de Jongere Unio klei in de Noordoostpolder zien.

Oude Detritus-Gyttja

In de geul van de voormalige rivier Vecht worden bovenop de Jongere Unio klei vervolgens organo-klastische afzettingen gevormd. Deze afzettingen worden Oude Detritus-Gyttja genoemd. De Oude Detritus-Gyttja is beschreven als een zoetwaterafzetting, die bestaat uit silt, verslagen weinig materiaal en plantenresten van lokale vegetaties, met name waterplanten (Klaar, 1951). Waar geen Jongere Unio klei is gevonden in de geul, liggen de Oude Detritus-Gyttja afzettingen erosief op het Pleistocene substraat.

Cardium klei (3950-3500 BP) (zie figuur 2.5)

In de periode 3800-3600 BP vernauwde het Zeegat van Bergen zich en trad er op veel plaatsen verlanding op in het Hauwert-systeem. Veengroei overheerste in de grootste delen van Noord-Holland (De Mulder en Bosch, 1982). In de Noordoostpolder nam de mariene invloed toe en werd klei afgezet in de Vecht en in het meer bij Emmeloord, dat sinds de Jongere Unio klei fase deels aanwezig was gebleven. De klei is als Cardium klei beschreven (Muller en van Raadshoven, 1947; Wiggers, 1955). Middelhoek en Wiggers (1953) wezen er op dat, in vergelijking met de Unio kleien, de Cardium klei onder brakkere condities is afgezet. Bij Urk ging in deze fase de aanwezige oligotrofe veengroei over in een voedselrijk *Phragmites*-vegetatie. Deze *Phragmites*veen-laag is gedateerd op 3505 +/-120 BP (GrN 378, Wiggers 1955). Een laag kleiig *Phragmites*veen bij Schokland, waarvan is aangenomen dat ook die tijdens de sedimentatie van Cardium klei is gevormd, is gedateerd op 3315 +/-90 BP (GrN 377, Wiggers, 1955). *Cerastoderma glaucum* (voorheen *Cardium edule*) schelpen aan de basis van de Cardiumklei afzettingen zijn bij Tollebeek gedateerd op 3920 +/-60 (GrN 10623; Koopstra, 1981). Volgens Wiggers (1955) had de "Cardiumtransgressie" een sterk erosief karakter, omdat de sedimentatie van de klei gepaard is gegaan met de vorming van meren in de Noordoostpolder. Figuur 2.5 laat de verbreiding van de Cardium klei in de Noordoostpolder zien.

Oligotrofe veengroei en erosie

Na 3200 BP raakte het Zeegat van Bergen dichtgeslibd en raakte het gebied achter de strandwallen, de Noordoostpolder inclusief, afgesneden van directe mariene invloed (De Mulder en Bosch, 1982; Westerhoff et al, 1987). Nadat de invloed van de Cardium klei fase hierdoor was geëindigd, begon op uitgebreide schaal oligotrofe veen in de Noordoostpolder tot ontwikkeling te komen. In het rivierdal van de Vecht werd opnieuw Detritus-Gyttja afgezet, die door Wiggers (1955) Jonge Detritus-Gyttja is genoemd. De vorming van Jonge Detritus-Gyttja hangt samen met het ontstaan van grote oppervlakten met open water in het IJsselmeergebied, die uiteindelijk heeft geleid tot de erosie van de uitgebreide veengebieden en het ontstaan van het Flevomeer en, na 1600 AD, de Zuiderzee. Jongere afzettingen (Almere-, Zuiderzee- en IJsselmeerafzettingen) zijn zeer gedetailleerd door Wiggers beschreven (1955).

5.2.4 Holocene palaeogeografische ontwikkeling

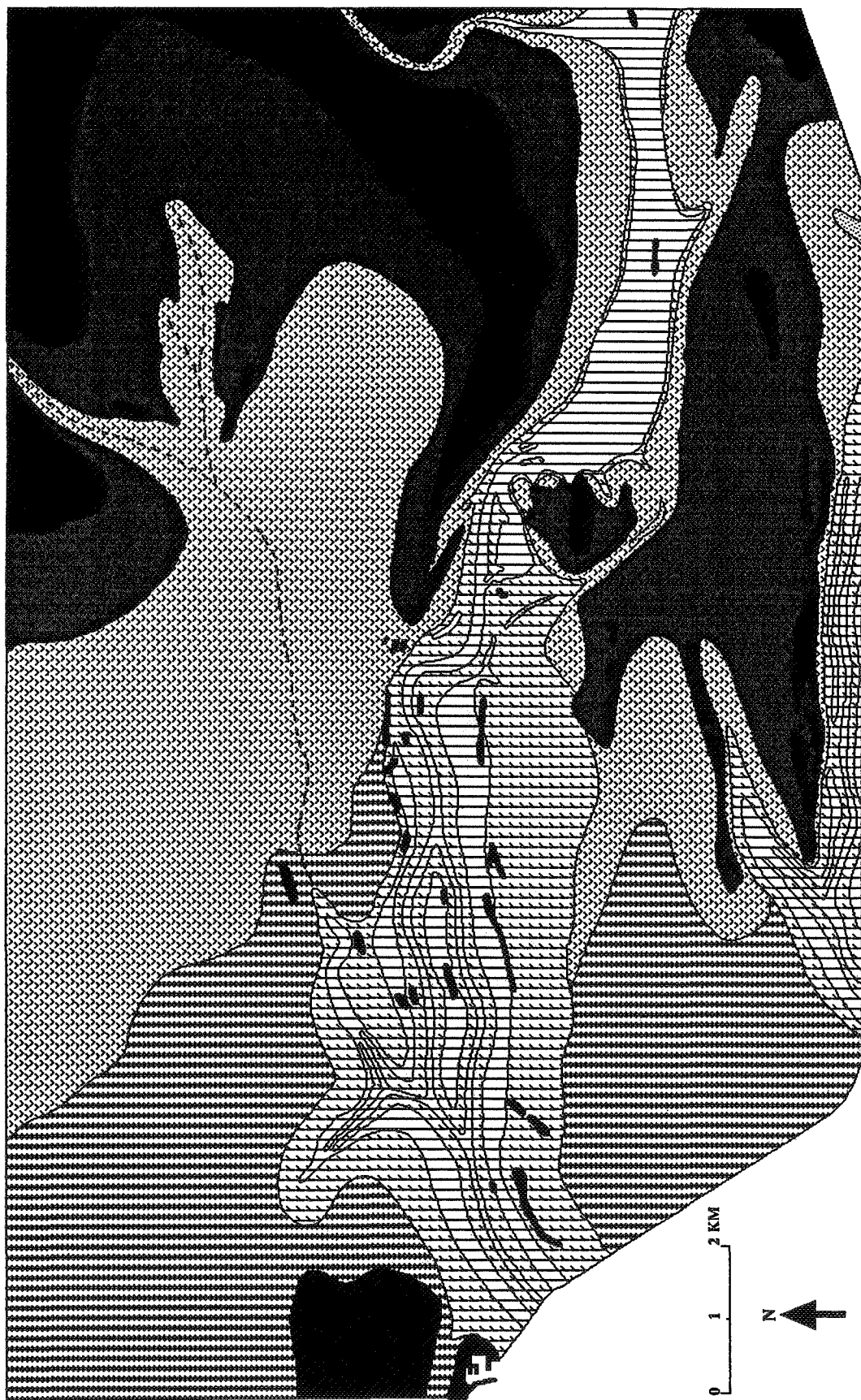
Situatie tot ca 5700 BP (zie figuur 5.14)

Het kaartje (fig. 5.14) geeft de situatie weer bij een gemiddelde grondwaterstand van -7 meter NAP. Met behulp van de grondwatercurve (zie fig 4.5) kan berekend worden dat deze situatie omstreeks 5800 BP bereikt was. Dit betekent dat alle lokaties waar het Pleistocene substraat hoger dan -6.5 m NAP lag bedekt waren met een eiken-berken-bos. Rondom deze bossen ontwikkelden zich Elzenbroekbossen (*Carici elongatae-Alnetum*) waar het Pleistocene substraat op een diepte tussen ca -6.75 m en -7 m NAP lag. Op lokaties waar het Pleistocene dieper dan ca -8 m. NAP lag, ontstonden op uitgebreide schaal *Carex*-vegetaties, die in het meest westelijke deel van de polder een flink aandeel *Phragmites australis* bevatten (*Phragmitetea*, *Magnocaricion*). Het kaartje uit deze fase is in essentie representatief voor de gehele ontwikkeling tot aan het moment waarop voor het eerst mariene invloed in de Noordoostpolder kon doordringen. Tijdens de voortgaande stijging van zee- en grondwaterniveau kwamen de diverse vegetatieeenheden wel steeds verder oostelijk te liggen en nam het oppervlak droogliggend substraat geleidelijk af.

Tijdens deze fase had de kust een open karakter (De Mulder en Bosch, 1982). Vanaf ca 6300 BP kon de mariene invloed zich via de afwateringsgeulen van Vecht en IJssel naar de Noordoostpolder uitbreiden (Ente, 1971; De Mulder en Bosch, 1982). Hoewel in de



Figuur 5.14 De Noordoostpolder tot 5700 BP (legenda, zie bijvoegsel)



Figuur 5.15 De Noordoostpolder van 5700-5300 BP (legenda, zie bijvoegsel)

Noordoostpolder de Pleistocene beddingen van IJssel en Vecht nog gevolgd werden, was dit meer westwaarts (Noord-Holland en IJsselmeergebied) in het lagunaire gebied niet meer geheel het geval. De rivieren volgden daar diep in het Pleistocene substraat ingesneden geulsystemen op weg naar zee (De Mulder en Bosch, 1982). Mogelijk was er in deze fase al sprake van afzetting van Oudere Unio klei in de diepste delen van de riviersystemen in de Noordoostpolder. De palaeobotanische gegevens wijzen echter pas na deze fase op een verhoogde mariene invloed op veenvormende vegetatie langs de rivier.

Situatie tussen 5700 BP en 5300 BP (zie figuur 5.15)

Rond 5700 bedroeg de hoogte van het gemiddelde grondwaterstand ca -6.70 m NAP en rond 5300 BP ca -5.75 m. NAP (5500 BP/ca -6.10 m NAP). Op locaties waar het Pleistocene oppervlak rond 5500 BP tot boven -5.90 m NAP reikte (zie kaartje), zal een eiken-berkenbos hebben gegroeid. De elzenbroekbossen uit de vorige fase trokken zich terug op locaties waar de top van het Pleistocene substraat tussen -5.90 m NAP en -7 m NAP lag en hadden hun belangrijkste verbreiding dus meestal in een zone rond de met loofbos bedekte Pleistocene hoogten. Diverse *Carex*-vegetaties (*Phragmitetia*, *Magnocaricion*) breidden zich uit naar die delen van het gebied waar het substraat een diepere ligging had dan ca -7 m. In de praktijk betekende dit dat het hele westelijke en centrale deel van het gebied met *Carex*-vegetaties bedekt was. De meest westelijke *Cyperaceae*-vegetaties bestonden daarenboven voor een groot deel uit *Cladium mariscus* (*Cladietum marisci*). Gedurende deze fase kwamen de riviersystemen in de polder binnen bereik van getijdeinvloed waarmee klei van mariene oorsprong werd aangevoerd. Er ontstond een oeverwallen-kommen landschap in het riviersysteem. Op de oeverwallen groeide lokaal *Salix*, terwijl aan de randen van de kommen, die permanent onder water stonden, een zone met *Phragmites australis*-rijke vegetaties ontstond. De combinatie van oeverwallen met *Salix* en kommen met *Phragmites* doet sterk denken aan zoetwatergetijde milieu's, zoals die in de voormalige Biesbosch bestonden (zie ook macroresten analyse kern OEW en Zonneveld, 1960). De oeverwallen reikten ten zuidoosten van Urk lokaal tot ca -5 m NAP (Menke en Lenselink, 1991), terwijl ten westen van Schokland en op de meeste andere locaties hoogtes van ca -5.60 m NAP worden bereikt. De komklei ligt compactievrij tegen een rivierduin bij Schokland op een diepte van -6.00 m NAP. Ten oosten van Schokland verdwijnen de oeverwallen snel en is alleen subaquaatisch een slappe komklei afgezet.

Gedurende de gehele fase had de kust nog steeds een overwegend open karakter (De Mulder en Bosch, 1982). Doordat een relatief groot kombergingsgebied aanwezig was in Noord-Holland en het IJsselmeergebied, kon de sedimentatie alleen in het meest kustwaartse gebied, waar zandplaten (Zanden van Stompvoren) en wadden werden gevormd, en langs de getijdegeulen (oeverwallen) de voortdurende stijging van de zeespiegel bijhouden (De Mulder en Bosch, 1982). Waar sprake was van een sedimenttekort ontstonden lagunaire gebieden met waterdiepten van 1 tot 5 m, waarin subaquaatisch klei werd afgezet (Westerhoff et al., 1987). Door dit gebied met lagunaire brakwaterkleien waterden de Vecht en IJssel af naar zee. Uit nog ongepubliceerde gegevens van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders blijkt dat even ten zuidwesten van Urk de Vecht en IJssel vervlochten en deels samen door het lagunaire gebied een weg naar zee zochten (Menke, in prep). Verder blijkt dat de Vecht en IJsselgeulen vanaf dit punt niet geheel hun oorspronkelijke Pleistocene beddingen volgden (zie ook De Mulder en Bosch, 1982). De aanvoer van klei naar de Noordoostpolder is rond 5300 BP gestagneerd (zie ook Ente et al., 1986). Het Noordoostpoldergebied raakte kennelijk buiten het directe bereik van de getijdeinvloed.

Situatie van 5300 BP tot 5100 BP

Tijdens deze fase werd via de riviersystemen niet langer klei aangevoerd in de Noordoostpolder (en Oostelijk Flevoland; Ente et al., 1986). In de riviervlakte werd een organisch openwater-sediment afgezet (grove en fijne detritus), terwijl langs en later ook in de riviervlakte *Carex*-vegetaties ontstonden (*Magnocaricion*, *Cicution-Caricetum pseudocyperi*). De Elzenbroekbossen buiten de riviersystemen kregen in deze fase een steeds natter karakter, wat blijkt uit de toename van het aandeel *Carex* spec. (o.a. *Carex pseudocyperus* en *C. sect. Acutae*) en het voorkomen van *Alisma plantago-aquatica* en *Menyanthes trifoliata*. De gemiddelde grondwaterstand nabij Schokland (zie fig. 4.5) steeg in deze fase van ca -5.75 m NAP naar -5.30 m NAP. Omdat de oeverwallen uit de vorige fase tot minimaal -5.60 m zijn opgeslibd, is het niet onwaarschijnlijk dat aanvankelijk het contact tussen de rivier en het

omliggende veengebied is verminderd. De verdrinking van de elzenbroekbossen vindt op de ver van de rivier gelegen ZP lokatie in het Schoklandgebied plaats tussen ca 5350 en 5180 BP en uit zich door een overgang naar Magnocaricion en Phragmition vegetaties, terwijl langs de rivier rond 5290 BP de elzenbroekbossen rijk werden aan *Carex pseudocyperus* (SRW1 kern) en na 5100 BP overgingen in Phragmitetea vegetaties. In het westelijke deel van de latere polder, nabij Urk, handhaafden de Cladietum marisci vegetaties zich. Tussen ca 5390 en 5180 BP is er wel een sterke toename van de hoeveelheid *Characeae* in de *Cladium*-vegetaties geconstateerd (palaeobotanische subzone D56-U2b). Dit wijst eveneens op een sterke toename van de gemiddelde waterdiepten en daarenboven op kalkrijke condities. In het centrale deel van de Noordoostpolder nam het aandeel mossen aanzienlijk toe in de *Carex*-vegetaties uit deze fase (Parvocaricetea ?), wederom een aanwijzing voor permanent natte condities en ook voor een afnemend nutriëntenaanbod in dit min of meer geïsoleerde deel van het gebied.

In de periode van 5300 tot 5100 BP veranderde de configuratie van de kust, die een vrij open karakter bleef houden (De Mulder en Bosch, 1982; Westerhoff et al., 1987), weinig. Niettemin ontstonden reeds de eerste, zij het nog niet aaneengesloten, strandwallen (Van de Valk, 1992). Aangenomen moet worden dat de steeds hoger opslibbende gordel van getijdeplaten langs de kust in toenemende mate een barriere ging vormen voor uitwisseling met het achterland. Deze periode gaat nog vooraf aan de fase waarin de eerste gesloten strandwallen zich duidelijk manifesteerden (rond 5000 BP) en de belangrijkste aanvoergeulen van mariene klei naar de Noordoostpolder, door het zuiden van Noord-Holland, geheel opgevuld raakten met zandige en kleiige afzettingen (zie fig 36, Westerhoff et al., 1987), terwijl tegelijkertijd het kombergingsgebied in het centrale en zuidelijke deel van het IJsselmeergebied verkleind werd (De Mulder en Bosch, 1982). Het begin van deze ontwikkelingen, die het achterland in de Noordoostpolder geleidelijk steeds verder hebben geïsoleerd van mariene invloed, is echter reeds merkbaar.

Situatie van 5100 BP tot 4900 BP (figuur 5.16)

In deze fase steeg het grondwater van ca -5.30 m NAP naar -4.80 m NAP. Het kaartje geeft de situatie rond 5000 BP weer. De grondwaterstand zal toen zo'n -5.15 m NAP hebben bedragen. In deze fase verlandde het grootste deel van de riviervlakte volledig. In veel gevallen gebeurde dit met een zeer *Menyanthes*-rijke *Carex* vegetatie, die op plekken met open water vaak als drijfvlachtige vegetatie tot ontwikkeling kwam. Elzenbroekbossen kwamen slechts in een zeer smalle zone rond de resterende Pleistocene hoogten voor. De *Cladium*-vegetaties nabij Urk handhaafden zich. De palaeobotanische analyse van dit veen (D56-U2c&d) wijst op zeer natte condities, met vorming van trilveenachtige vegetaties (ca 5180 tot 4940 BP). Informatie uit (ongepubliceerde) profielen uit het centrale deel van de Noordoostpolder wijst erop dat de uitbreiding van bladmossen in de *Carex*-vegetatie nu maximaal is, terwijl tevens veel *Menyanthes trifoliata* aanwezig was. De combinatie van bladmossen, *Menyanthes* en *Carex* spec. zou op trilveenvorming kunnen wijzen. Hoe dan ook, de goede conservatie van dit veen wijst op permanent natte condities. In feite domineerden verschillende *Carex*-vegetaties (Magnocaricion, Cicuto-Caricetum pseudocyperi), waaruit zeer goed geconserveerde venen ontstonden, het gehele gebied.

Op het kaartje uit deze fase zijn ook de zogenaamde oplichtingskleien aangegeven die in het westelijke en centrale deel van de Noordoostpolder worden gevonden (zie ook § 2.2.4.3). Omdat deze kleilagen onder eerder gevormd veen zijn afgezet is nauwkeurige datering van de vormingsperiode moeilijk. Het feit dat de kleilagen nooit zijn aangetroffen in veen dat jonger is dan ca 4900 BP, geeft aan dat de vorming niet na dit tijdstip heeft plaatsgevonden. Mede op grond van het verspreidingspatroon wordt aangenomen dat de kleilagen rond 4900 BP zijn afgezet in de zelfde fase waarin ook een nieuwe geul zich ten noorden van Urk insneed en er in het centrale deel van de Noordoostpolder een groot meer ontstond (zie volgende fase).

De stijging van het lokale grondwaterniveau bij Schokland verliep in deze fase sneller dan de gemiddelde zeespiegelstijging. Omdat ook in het gebied bij Urk zeer natte condities hebben geheerst, kan worden aangenomen dat in het hele Noordoostpoldergebied de grondwaterstand relatief snel omhoog kwam. Het is aannemelijk dat deze ontwikkeling samenhangt met de sluiting van de Noord-Hollandse kust rond 5000 BP, door de vorming van een min of meer gesloten strandwallensysteem. In die fase vond ook de afzetting van de zogenaamde Zanden van Castricum plaats, in relatie met het buiten werking treden van één van de twee belangrijke afvoerwegen van Vecht en IJssel naar zee (Westerhoff et al., 1987).



Figuur 5.16 De Noordoostpolder van 5100-4900 BP (legenda, zie bijvoegsel)



Figuur 5.17 De Noordoostpolder van 4900-4700 BP (legenda, zie bijvoegsel)

Situatie van 4900 BP tot 4700 BP (figuur 5.17)

Terwijl de *Carex*-vegetaties (*Magnocaricion*) zich in het grootste deel van de Noordoostpolder handhaafden, ontstonden in deze fase een nieuwe afwateringsgeul ten noorden van Urk en een groot meer in het centrale deel van de huidige polder. De vorming van het meer en de geul lijkt samen te hangen met het sedimentatie van de oplichtingskleien (zie § 2.2.4.3 en hierboven). Waar voorheen bladmosrijke *Carex*-vegetaties groeiden ontstond een meer, terwijl in het gebied waar *Cladium*-rijke *Carex*-vegetaties aanwezig waren (*Cladietum marisci*) een diep ingesneden geul ontstond. Kennelijk zijn de *Cladium*-vegetaties, door hun hechtere wortelmat, beter dan de mosrijke *Carex*-vegetaties bestand geweest tegen erosie nadat de venen waren gaan drijven. In het nieuw gevormde meer en de geul werd klei afgezet (Jongere Unio klei), terwijl rond het meer en langs de geul *Phragmites*-rijke vegetaties ontstonden. Langs de geul ontwikkelden zich oeverwallen en kommen. Ten noorden van Urk waren deze met *Phragmites australis* bedekt, terwijl ten zuiden van het pas onstane meer (stroomopwaarts dus), tot aan het punt waar de nieuwe geul aansluit op de bedding waarin in een eerdere fase de Ouder Unio klei tot afzetting was gekomen, een *Salix*-rijke vegetatie op en langs de oeverwallen ontstond, die het beste als zoetwatergetijde-vegetatie te omschrijven is. De conservatie van de gevormde *Carex*-venen in het resterende deel van de polder is beduidend minder goed dan die van de *Carex*-venen uit de voorafgaande fase. Kennelijk is de afwatering van de veengebieden verbeterd en/of varieerde de grondwaterstand meer. De grondwaterstand bij Schokland steeg in deze fase van ca -4.80 m NAP naar ca -4.20 m NAP, minder snel dus dan in de voorafgaande fase, maar kennelijk wel te snel om successie naar elzen-rijke vegetaties mogelijk te maken. De sedimentatie van klei nabij Schokland eindigt definitief na 4700 BP (Ten Anscher in prep). Bij Urk en in het centrale deel van de Noordoostpolder is nog tot na 4600 BP sprake van invloed van marien water op de veenvorming.

In deze fase trad er in Noord-Holland een aanzienlijke wijziging van de kustmorfologie op. In samenhang met het begin van de vorming van het zogenaamde Zeegat van Bergen sneed een nieuwe getijdegeul zich noordwaarts diep in en raakte het Wieringermeergebied binnen bereik van mariene invloed (De Mulder en Bosch, 1982; Westerhoff et al., 1987). Deze geul vormde tevens de nieuwe afvoergeul van de voormalige Vecht die nu ten noorden van Urk de Noordoostpolder verliet en via de Wieringermeer naar zee afwaterde (Ente, 1971; De Mulder en Bosch, 1982). De insnijding van de geul vindt tussen 4900 BP en 4800 BP plaats (De Mulder en Bosch, 1982). Vanaf dat moment neemt de versnelling van de stijging van de grondwaterstand geleidelijk af, om rond 4700 BP sterk af te nemen.

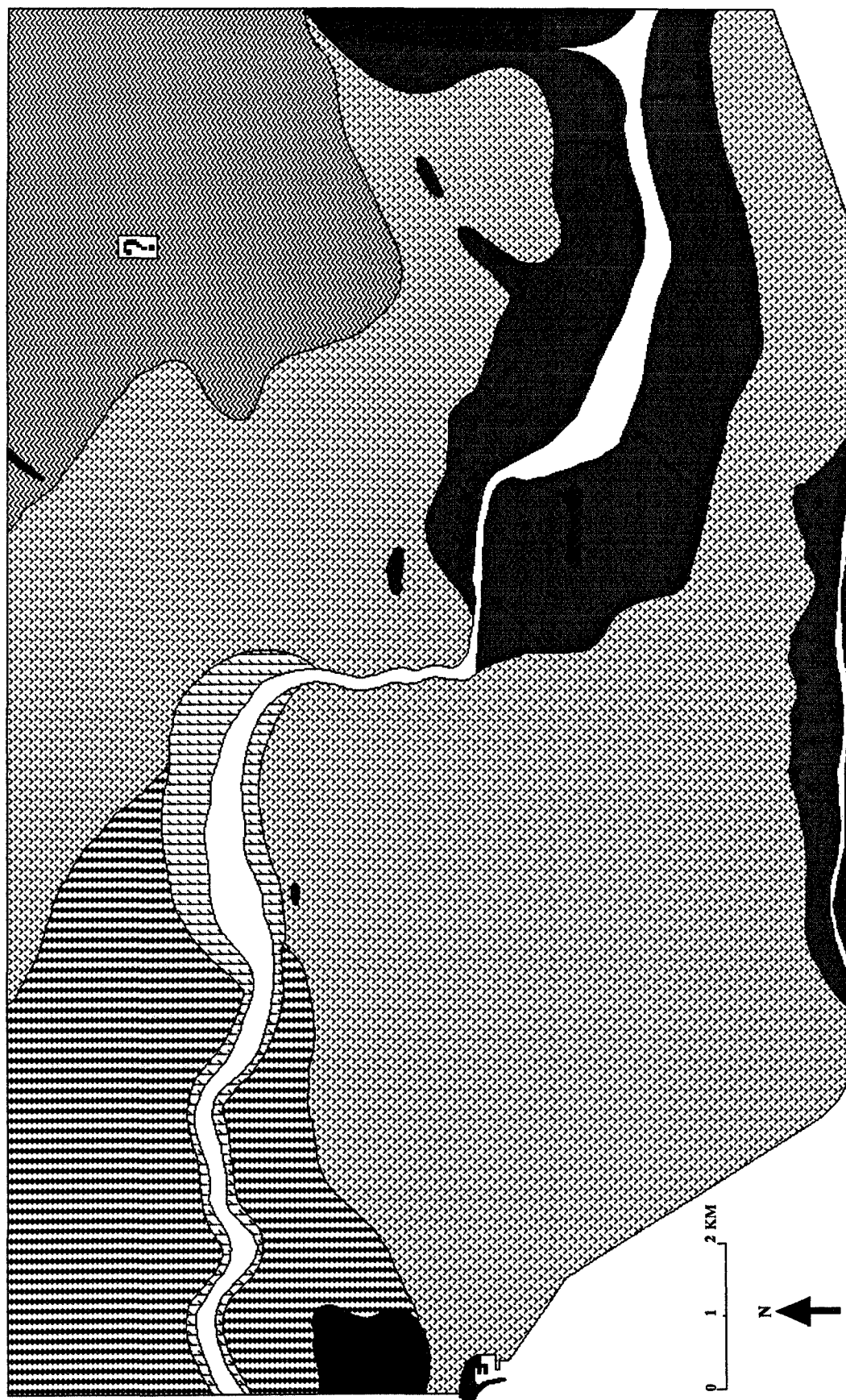
Situatie van 4700-4400 BP (figuur 5.18)

Na 4700 BP trad in het zuidoostelijk deel van het gebied een duidelijke successie op naar Elzenbroekbos (*Carici elongatae-Alnetum*). Na ca 4600 BP raakten in het westelijke en centrale deel van de tegenwoordige polder de lokaties waar voordien klei was afgezet bedekt met *Phragmites*-vegetaties (Tollebeek, 4630 BP, Zagwijn, 1973). Rondom deze *Phragmites*-vegetaties handhaafden de vegetaties met *Cladium* en *Carex* zich. De lokale grondwaterstand in het Schokland-gebied steeg in deze periode van ca -4.20 m NAP tot ca -4.05 m NAP. Het geulsysteem bleef een open karakter houden en de afwatering van de veengebieden zal dan ook niet verslechterd zijn. Tot ca 4530 BP zijn bij Urk nog regelmatig *Foraminiferae* in de *Phragmites-Thelypteris*-vegetaties (*Thelypterido-Phragmitetum*) aangetroffen, hetgeen wijst op een vrij open verbinding met het getijdesysteem in het westen. Het ontstaan van Elzenbroekbos kan enerzijds samen hebben gehangen met het verdwijnen van de mariene invloed op de vegetatie na 4700 BP en dus met de ontwikkeling naar fluviaal gestuurde milieu's. Anderzijds kan de afnemende stijging van het grondwaterniveau debet geweest zijn aan de successie naar terrestrische vegetaties. Uit het feit dat *Alnus* zich kon uitbreiden blijkt hoe dan ook dat de condities nog relatief eutroof waren.

In deze fase trekt de mariene invloed zich terug uit de Noordoostpolder. In de kop van Noord-Holland begon op uitgebreide schaal veenvorming op te treden rond de getijde-geulen waarop de Vecht afwaterde (De Mulder en Bosch, 1982). Het hoofdsedimentatiebekken verplaatste zich in Noord-Holland meer in de richting van het centrale deel van de kop van Noord-Holland (De Mulder en Bosch, 1982). Het verdwijnen van de mariene invloed in het Noordoostpolder-gebied zal voor een belangrijk deel samenhangen met deze ontwikkelingen.



Figuur 5.18 De Noordoostpolder van 4700-4400 BP (legenda, zie bijvoegsel)



Figuur 5.19 De Noordoostpolder van 4400-4000 BP (legenda, zie bijvoegsel)

Situatie van 4400 BP tot 4000 BP (figuur 5.19)

In deze fase is het voorkomen van Elzenbroekbos beperkt gebleven tot een brede strook langs de rivieren in het zuidoosten van de polder. In het westelijke en centrale deel van de polder gingen de *Phragmites*-vegetaties over in respectievelijk *Cladium*- (westelijke deel) en *Carex*- (centrale deel) vegetaties. Verder nam het aandeel open water in het riviersysteem af. Er trad zelfs verlanding op in het open water-gebied langs de rivier (OEWS3c) in deze fase. In het zuidoosten verdronken de Elzenbroekbossen op grotere afstand van de rivieren en ontstonden *Salix*-, *Alisma*-, en *Menyanthes*-rijke *Carex*-vegetaties (ZP-S4). Door de verlanding van het riviersysteem nam het contact tussen rivier en veengebied kennelijk af en konden de Elzenbroekbossen zich slechts vlak bij de rivier handhaven, waar de afwatering beter was en voortdurend verrijking van het milieu optrad. De *Cladium*-vegetaties nabij Urk (D56-U4) hadden overigens een relatief droog karakter. Verder is slechts een enkele *Foraminifeer* gevonden in dit *Cladium*-veen (D56-U4a). Kennelijk is in deze fase bij Urk het contact met meer mariene milieu's afgenomen. Het lijkt waarschijnlijk dat de verdere afname van mariene invloed bij Urk, het dichtgroeien van de riviersystemen met *Carex*-vegetaties en de verdrinking van de Elzenbroekbossen op grotere afstand van de rivier met elkaar samenhangen. Tezamen wijst de ontwikkeling op een afgenomen dynamiek en een verminderde drainage in het gebied.

In deze fase verlegden de belangrijkste getijdegeulen zich in Noord-Holland (De Mulder en Bosch, 1982). Een belangrijke geul liep vanuit het Zeegat van Bergen noordwaarts en voorzag de kop van Noord-Holland opnieuw van grote hoeveelheden sediment (De Mulder en Bosch, 1982). Deze geul zal mogelijk geen invloed op de ontwikkelingen in de Noordoostpolder hebben gehad. Een tweede geul liep oostwaarts in de richting van Medemblik (tussen 4300 en 4100 BP), waardoor het noordelijke deel van West-Friesland met mariene sedimenten werd bedekt (De Mulder en Bosch, 1982). Via deze geul waterde de Vecht naar zee af. Uit deze fase zijn in de Noordoostpolder geen mariene sedimenten aangetroffen; wel is er in het *Cladium*-veen uit deze fase bij Urk een enkele *Foraminifeer* gevonden die op een (minimale?) verbinding met het West-Friese getijdegebied kan duiden.

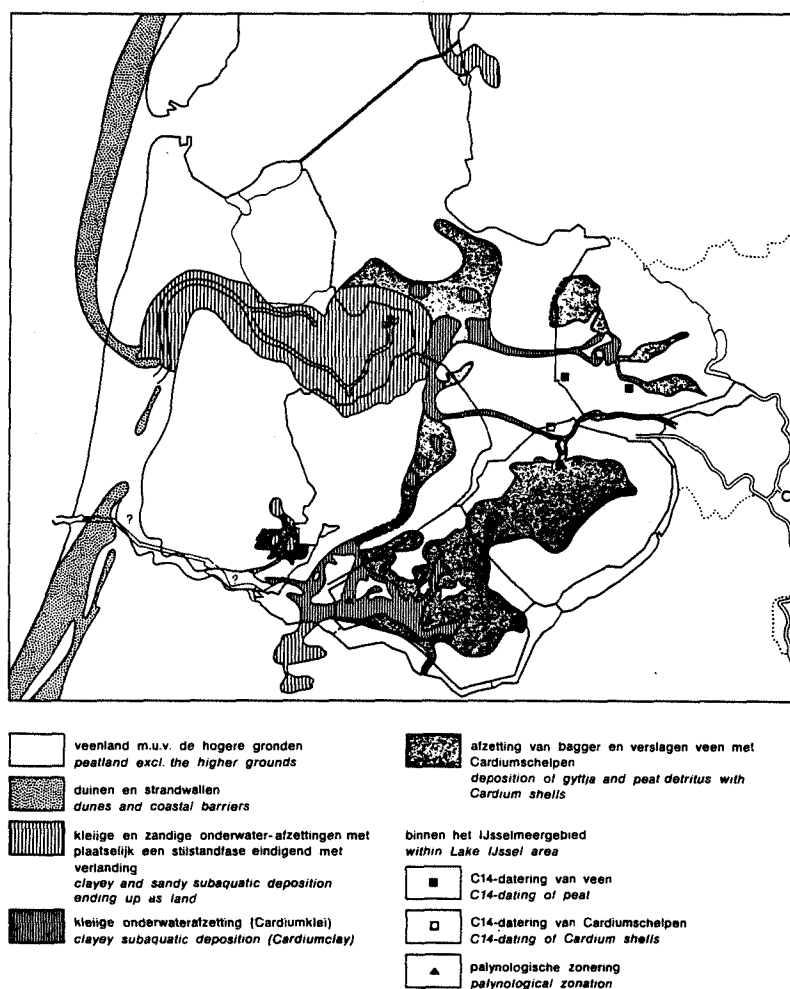
Na 4100 BP ontstond er een nieuwe verbinding tussen het Zeegat van Bergen en de eerder gevormde getijdegeul bij Medemblik (De Mulder en Bosch, 1982). Hoewel er aanwijzingen zijn voor een fase met inundaties van het *Carex*-veen op de Zuidpunt van Schokland rond 4150 BP (zone ZP-S4), heeft het ontstaan van deze geul, zover het zich tot dusver laat aanzien, geen sporen nagelaten in de Noordoostpolder.

Situatie van 4000 BP tot 3650 BP

Rond 4000 BP verdwenen de rivierbegeleidende Elzenbroekbossen in het zuidoosten van de polder. Ze werden opgevolgd door *Carex*-vegetaties, die opnieuw vaak goed geconserveerd zijn. Nabij Urk ontstonden *Myrica*-rijke Berkenbroekbossen, die na ca 3900 BP door successie overgingen in hoogveenvegetaties. De *Carex*-vegetaties in het zuidoosten van de polder (ZP-S4), die in de voorafgaande fase ontstaan waren, gingen na 3900 BP ook door successie over in *Myrica*-rijke Berkenbroekbossen. Hoogveenontwikkeling trad hier in deze fase echter niet op. De ontwikkeling van *Carex*-venen rond en in het riviersysteem en van *Betula-Myrica* bossen en hoogveenvegetaties verder van de rivier af bij Schokland, moet aan isolatie ten opzichte van voedselrijk (rivier)water worden geweten. De goede conservering van de *Carex*-venen langs en in het riviersysteem kan niet zozeer door een sterke stijging van de lokale grondwaterspiegel worden verklaard, omdat het dan niet te verklaren is waarom wel successie naar relatief drogere *Betula-Myrica* broekbossen kon plaatsvinden. Met name een afname van de beschikbare hoeveelheid nutriënten in samenhang met geringe verticale waterstandsschommelingen lijkt dan ook aannemelijker. Verder is de sedimentatie van de Oudere Detritus Gyttja in de voormalige loop van de Vecht in deze fase geplaatst. De sedimentatie van deze afzetting zal onder weinig dynamische omstandigheden hebben plaatsgevonden en bevestigt daarmee de geringe invloed van verticale waterbewegingen op het riviersysteem van de Vecht. Tevens moet de vondst van *Foraminiferae* in het hoogveen bij Urk, rond 3800 BP, worden vermeld. Dit lijkt te wijzen op een geringe reactivering van het geulensysteem rond 3800 BP.

In deze fase raakte het overgrote deel van het Noord-Hollandse getijde gebied bedekt door een veenvormende vegetatie (De Mulder en Bosch, 1982). Tegelijkertijd verplaatste rond 3800 BP de belangrijkste getijdegeul zich naar het centrale deel van West-Friesland (De Mulder en Bosch, 1982). Rond 3600 BP was deze geul geheel omringd door uitgebreide veengebieden

(De Mulder en Bosch, 1982). De start van de hoogveenvorming bij Urk lijkt samen te vallen met de afname van de mariene invloed in het achterland van het zeegat van Bergen in deze fase.



Figuur 5.20 Verspreiding Cardium afzettingen (Koopstra, 1981)

Situatie van 3650 BP tot 3450 BP

Na 3650 BP raakte het Noordoostpoldergebied opnieuw binnen de mariene invloedssfeer. In het riviersysteem werd opnieuw klei afgezet. Waar in de vorige mariene fase een meer was ontstaan, breidde opnieuw het aandeel open water zich uit en werd onderwaterklei afgezet. Nergens ontstonden overigens oeverwallen en kommen in het riviersysteem. Het is verder opvallend hoeveel resten van planten uit zoute en/of brakke getidemilieu's zijn gevonden bij Urk in het *Phragmites*-veen. Het lijkt er op dat deze fase voor de Noordoostpolder de meest brakke was in vergelijking met eerdere fasen met sedimentatie van mariene kleien (Oudere en Jongere Unio klei). Rond het open water ontstond een brede strook *Phragmites*-vegetaties, die op een afstand van ca 1 km overging in *Carex-Phragmites*- of pure *Carex*-vegetaties. Door gebrek aan bewijs kan slechts worden verondersteld dat kleine hoogveenkernen zich in het zuidwesten van de polder konden handhaven. Lokaal bestaat de fase uit geïnundeerde Berkenbroekbossen, die vervolgens overgingen in *Carex paniculata*- en *Cladium mariscus*-vegetaties (ZP-S6).

In deze fase waterde de Vecht af naar zee via een getijdegeul die door het centrale deel van West-Friesland liep. Deze geul was geheel omringd door veengebieden (De Mulder en Bosch, 1982). Het is opvallend dat juist in deze fase klei tot diep de Noordoostpolder kon worden aangevoerd. Enkele dateringen van *Cerastoderma glaucum* schelpen (C-14 ouderdom 3920 +/- 60 BP; GrN 10623, Koopstra, 1981) wijzen er op dat mogelijk reeds voorafgaand aan deze fase meervorming plaatsvond in het IJsselmeergebied (zie fig 5.20).

Situatie vanaf 3450 BP

Na ca 3450 BP trad opnieuw een snelle successie op naar oligotrofe hoogveen vegetaties. In de meeste gevallen was rond 3200 BP reeds sprake van *Sphagnum*- of *Ericaceae*-veen, hoewel lokaal in de nabijheid van open water eerst langdurig *Carex*-rijke *Myrica* vegetaties konden groeien (palaeobotanische zone OEW-S7). De snelle successie zal samen hebben gehangen met een snelle isolatie ten opzichte van nutriëntenrijk water, nadat de mariene invloed en de daarmee samenhangende inundaties geëindigd waren. In ieder geval blijkt uit de weinige beschikbare gegevens over deze fase dat de gehele polder bedekt raakte met hoogveenvegetaties. Tevens ontstonden op uitgebreide schaal meren in de veengebieden. Deze contrasterende ontwikkeling werd uiteindelijk na de Romeinse tijd in het voordeel van de zich ontwikkelende meren beslecht. Hierdoor is veel van het onstane hoogveen uit deze fase verloren gegaan.

5.3 Conclusies

5.3.1 Schokland

Voor wat betreft de Holocene genese van het gebied rondom het voormalige eiland Schokland zijn, voorzover kon worden nagegaan, de volgende factoren bepalend geweest. Het type veen dat ontstond hing af van de positie van de veenvormende vegetatie ten opzichte van de rivier, de situatie in het riviersysteem (wel of geen mariene invloed), successiereeksen van veenvormende vegetatietypen en de mate van stijging van de grondwaterstand in de tijd.

Het optreden van mariene invloed komt nadrukkelijk tot uitdrukking in de fases waarin de Oudere Unio Klei en de Cardium Klei is afgezet. In het eerste geval ontstond in het riviersysteem een oeverwallen-kommen landschap dat qua morfologie en vegetatie sterk verwant lijkt aan huidige zoetwatergetijdegebieden (6200-5300 BP). In deze fase blijkt dat buiten het riviersysteem op uitgebreide schaal *Carex*-rijke *Alnus*-vegetaties tot ontwikkeling kwamen. In het tweede geval (3650-3450 BP) ontstond geen oeverwallen-kommen landschap, maar een door *Phragmites* gedomineerd landschap rond een geulsysteem waarin voornamelijk subaquatisch klei werd afgezet. Het verschil tussen deze twee marien beïnvloede fasen berust waarschijnlijk op de mate van invloed van brak water (sterker tijdens de Cardium-fase). Hoewel het nauwelijks tot sedimentatie van mariene afzettingen kwam, is de invloed van de "Jongere Unio klei transgressie" (4900-4700 BP) ook waarneembaar geweest bij Schokland. Dit kwam tot uitdrukking door een vergroot oppervlak open water in het riviersysteem. Dit

wijst op een vergrote dynamiek in het riviersysteem waardoor van veenvorming geen sprake kon zijn.

Verder is de positie ten opzichte van het riviersysteem van grote invloed geweest op de aard van de veenvorming. Als achterliggende oorzaken kunnen voedselgradiënten en de mate van afwatering naar de rivier worden genoemd. Beide zullen er in geresulteerd hebben dat bijvoorbeeld Elzenbroekbossen zich langduriger langs de rivier hebben kunnen handhaven dan in het zuidelijke deel van het onderzochte gebied. Tevens is het voorkomen van drijfthilachtige vegetatie aan het rivierbegeleidende open water gebonden. Ook interne successie van de veenvormende vegetatie is afhankelijk van de voorgeschiedenis van de vegetatie en dus van de positie ten opzichte van de rivier. Pas na de Cardium-transgressie is er sprake van een vrijwel uniforme vegetatieontwikkeling in het gehele gebied.

Hoewel niet uitgebreid naar voren gebracht bij de behandeling van de paleogeografische ontwikkeling van het gebied rond Schokland (deze paragraaf) is uit de palaeobotanische analyses en uit de opgestelde grondwatercurve verder gebleken dat de mate van stijging van de lokale grondwaterstand in de tijd van wezenlijk belang is geweest voor de genese van het gebied (§ 3.7.6). Op de relatie tussen de mate van contact met het getijdesysteem en de mate van grondwaterstijging is reeds ingegaan in hoofdstuk 4; in § 5.3.2 zal deze nader aan de orde komen. Opgemerkt kan hier wel worden dat de gradiënten die zich ingesteld hadden (voedsel en afwatering) steeds verstoord werden door de factor grondwaterstijging, die dus domineert over de overige factoren.

5.3.2 Noordoostpolder

Als factoren die van invloed zijn geweest op de veenontwikkeling in de Noordoostpolder als geheel kunnen worden genoemd: de positie van de lokatie ten opzichte van de mariene invloed (d.w.z. ten opzichte van de kust en de rivier); de evoluerende morfologie van het kustgebied; mede in relatie tot de twee eerste genoemde factoren: de mate van grondwaterstijging; successie binnen de veenvormende vegetatie en voorgeschiedenis.

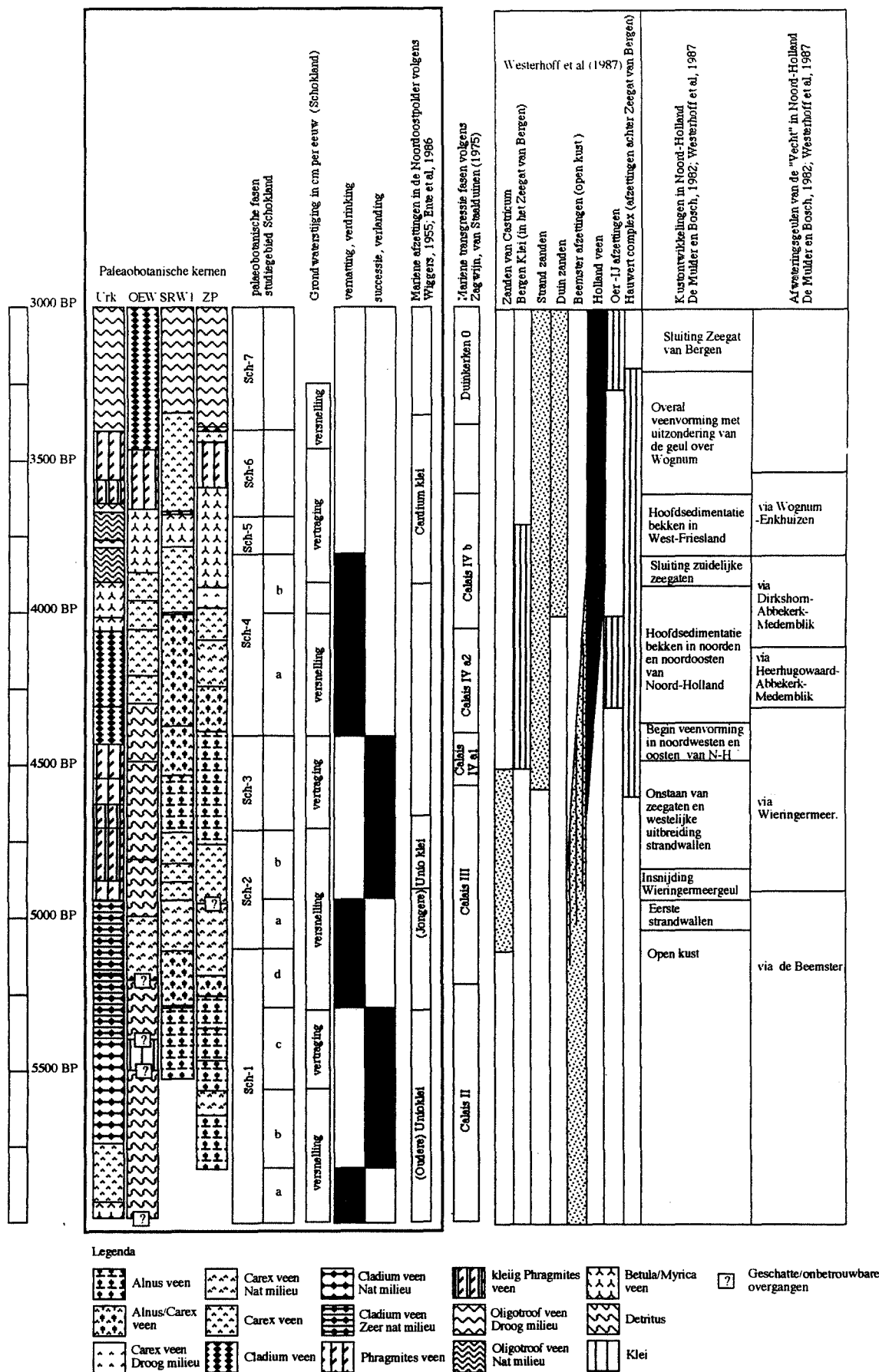
Voor wat de mate van mariene invloed op de veenvormende vegetatie betreft is er een duidelijk verschil in genese tussen het westelijke deel van het gebied (Urk studiegebied) en het oostelijke deel (Schokland studie-gebied). Bij Urk vindt langdurig afwisseling plaats tussen vorming van *Phragmites*venen en van *Cladium*venen, terwijl bij Schokland een afwisseling tussen *Carex*- en *Alnus*venen optreedt. Dit zal vooral zijn veroorzaakt door de sterkere brakwaterinvloed bij Urk dan bij Schokland. Ook de positie ten opzichte van de rivier speelde een rol ten aanzien van de mate van mariene invloed op de vegetatie, omdat de mariene invloed via de rivier het onderzoeksgebied binnendrong.

Over de invloed van de mate van stijging van het grondwater op de veenvorming kan het volgende gezegd worden. Gebleken is dat fluctuaties in de stijgingssnelheid van het grondwater in beide deelgebieden een verschillende uitwerking hebben gehad. Bij Urk vernatten de vegetaties wel, maar de samenstelling van de veenvormende vegetatie veranderde niet wezenlijk. Bij Schokland daarentegen treden wel aanzienlijke veranderingen op in de veenvormende vegetatie ten gevolge van versnellingen en vertragingen in de mate van grondwaterstijging. Het is waarschijnlijk dat althans tijdens bepaalde fasen de mate van verandering van de grondwaterstijging bij Urk geringer is geweest dan bij Schokland. Daarnaast kunnen bij Urk andere factoren, zoals de mate van mariene invloed, over de invloed van de factor grondwaterstijging hebben gedomineerd. De vegetaties die bij Urk tot ontwikkeling kwamen (*Cladium*/*Phragmites*) zullen in elk geval minder makkelijk hebben kunnen verdrinken en overgaan in andere vegetatietypen dan die bij Schokland (*Alnus*/*Carex*), dit omdat *Cladium*- en *Phragmites*-vegetaties veel grotere waterdiepten kunnen verdragen dan met name *Alnus*-vegetaties. Het feit dat in bepaalde fasen de mate van grondwaterstijging bij Urk geringer was dan bij Schokland hangt, voorzover vastgesteld kon worden, vooral samen met verschillen in drainagemogelijkheden via het getijdegeulensysteem, waarbij Urk met zijn westelijke ligging in een gunstiger situatie verkeerde.

De ontwikkeling van de kustmorfologie is zowel ten aanzien van de ontwateringsmogelijkheden als meer in het algemeen van groot belang geweest voor de genese van het gehele Noordoostpoldergebied. Met name de ligging van de getijdegeulen en kombergingsgebieden en het ontstaan van strandwallen en zeegaten in het westen zijn bepalend

geweest voor de mate van mariene invloed die in de Noordoostpolder, en in het bijzonder in het westelijke deel daarvan, is opgetreden. Zo zijn bijvoorbeeld in het veen bij Urk enkele *Foraminiferae* gevonden in het traject rond 4300 BP en rond 3800 BP. Deze vondsten lijken samen te hangen met verplaatsingen van het geulenstelsel in Noord-Holland, waar rond 4300 BP een nieuwe getijde geul richting Medemblik ontstond, terwijl rond 3800 BP het geulenstelsel zich naar het centrale deel van West-Friesland verplaatste (De Mulder en Bosch, 1982).

Interne successie en botanische voorgeschiedenis kwamen reeds aan de orde bij de conclusies over de ontwikkeling van het studiegebied bij Schokland (zie § 5.3.1). Een bepaald vegetatietype ontstaat normaliter, bij het ontbreken van belangrijke veranderingen in externe factoren, als gevolg van de voorafgaande vegetatiegeschiedenis. De successiereeksen die optreden zijn dus afhankelijk van de lokatie in het gebied.



Figuur 6.1 Genese van de Noordoostpolder en literatuur

6 Algemene conclusies en discussie

Bepalende factoren in verband met de landschappelijke ontwikkeling en de veenvorming

Uit het voorafgaande (zie § 5.3) is gebleken, dat met name factoren als successie van vegetatiegemeenschappen, de positie van de veenvormende vegetatie ten opzichte van gradiënten in het landschap (voedsel en afwatering), de aan- of afwezigheid van mariene invloed en de mate van verticale grondwaterbewegingen van grote invloed zijn geweest voor het karakter van de landschappelijke ontwikkeling en de veenvorming. Van doorslaggevend belang bij de palaeogeografische en palaeoecologische ontwikkeling van het gebied is echter uiteindelijk de intensiteit van de grondwaterspiegelstijging geweest (zie hoofdstuk 4). De stijging van de grondwaterstand in het studiegebied Schokland blijkt in het verleden niet gelijkmatig te zijn verlopen (zie hoofdstuk 4). Tijdens fasen met een snelle stijging van de grondwaterstand ontwikkelden zich in hoofdzaak *Cyperaceae*-rijke vegetaties (zeggevenen). Tevens blijken in zulke fasen vaak weinig wisselende grondwaterstanden op te treden (zie § 3.7.6) en neemt het oppervlak aan open water in het riviersysteem af door verlanding met drijfthilachtige vegetaties (zie § 3.7.6). In fasen met een relatief trage stijging van de grondwaterstand ontstonden op uitgebreide schaal moerasbossen door successie in de vegetatie (zie § 3.7.6). Tevens blijkt juist in zulke fasen sprake te zijn geweest van fluctuerende waterstanden, verhoogde mariene invloed en een toenemend oppervlak aan open water in het rivier-systeem (zie § 3.7.6).

De conclusie lijkt gerechtvaardigd dat in fasen met trage stijging en wisselende waterstanden de dynamiek in het riviersysteem groter is, waardoor de afwatering van het omringende veengebied relatief goed is. Deze situatie, in combinatie met een trage stijging van de grondwaterstand, zal de successie in de vegetatie hebben bevorderd (zie § 3.7.6). In fasen met snelle grondwaterstijging verlandt het open water in het rivierdal door een afname van de dynamiek van het riviersysteem. Dit resulteert in een verslechtering van de afwatering van de omringende veengebieden, waardoor de grondwaterstijging nog versterkt wordt (zie § 3.7.6).

De invloed van de kustontwikkeling

Uit het onderzoek is gebleken dat er een verband bestaat tussen de veranderingen in de stijging van de grondwaterstand in (delen van) het Noordoostpoldergebied en de kustontwikkeling in Noord-Holland (zie § 4.2.3). Fasen waarin de kust min of meer gesloten raakt c.q. waarin zich verlanding voordoet in Noord-Holland, lijken samen te vallen met fasen van afgenomen mariene invloed, een snelle stijging van de lokale grondwaterstand en geringe grondwaterstandsfluctuaties in de Noordoostpolder. Omgekeerd vallen fasen met toegenomen mariene sedimentatie in Noord-Holland samen met periodes van verminderde grondwaterstijging, verhoogde mariene invloed en sterkere fluctuaties van de grondwaterstand in het studiegebied (zie § 4.2.3).

De belangrijke veranderingen die in de loop van de ontwikkeling zijn opgetreden in de positie van het getijdesysteem in Noord-Holland blijken steeds traceerbaar in het veen bij Urk. Een verhoogde mariene invloed in de Noordoostpolder veroorzaakte het verleggen van geulen, sedimentatie van klei, het ontstaan van klapkleien, eindigende veenvorming en het ontstaan van meren (zie § 5.3 en 2.2.4). Het mechanisme van het ontstaan en verleggen van geulen in een perimarien veengebied wordt geïllustreerd door de gang van zaken bij de vorming van de nieuwe geul die ontstond voorafgaand aan de sedimentatie van de Jongere Unio klei. Deze ontwikkeling ging gepaard met hoge lokale grondwaterstanden, stormen en de sedimentatie van oplichtingskleien onder eerder gevormde veenpakketten (zie § 2.2.4). Aangenomen mag worden dat vergelijkbare ontwikkelingen zich met een zekere regelmaat ook elders in het kustgebied hebben voorgedaan; de combinatie van oplichtingskleien en het ontstaan van nieuwe geulsystemen in veengebieden is althans in verschillende studies gesignaleerd.

Transgressies en regressies

Westerhoff et al. (1987) gaan er voor de ontwikkeling van het Noord-Hollandse kustgebied vanuit dat de afwisseling van transgressieve en regressieve tendenzen niet zozeer gestuurd is door een enkelvoudig mechanisme, maar dat deze afhankelijk is van de regionale paleogeografische omstandigheden. Voor het Noordoostpoldergebied is er wat dit betreft

sprake van een wisselwerking met het Noord-Hollandse kustgebied. Enerzijds bepaalde de kustmorfologische ontwikkeling in Noord-Holland de mate waarin en het tijdstip waarop de mariene invloed zich oostwaarts tot in ons studiegebied kon manifesteren, anderzijds was de situatie in het veengebied aan de binnenzijde van de lagune medebepalend voor de feitelijke gang van zaken. De eerste fase met sedimentatie van mariene klei in het onderzochte gebied (Oudere Unio klei) lijkt het directe gevolg van het oostwaarts opschuiven van de mariene invloed en van de daarmee gepaard gaande getijdewerking, onder invloed van de in die fase (ca 6200-5300 BP) nog zeer snelle zeespiegelrijzing). Naarmate de zeespiegelrijzing afnam kon het waddengebied in Noord-Holland hoog opslibben en ontwikkelde er zich geleidelijk een gesloten strandwallensysteem; de mariene invloed nam daarbij belangrijk af. De afzetting in het riviersysteem in de Noordoostpolder en in het lagunaire gebied ten westen daarvan hebben, door het verminderen van de komberging, mogelijk ook bijgedragen tot de sluiting van de kust in deze fase. Het insnijden, rond 4900 BP, van een nieuw geulsysteem in de kop van Noord-Holland, dat tot in de Noordoostpolder kon doordringen, zal mede samenhangen met de verminderde toegankelijkheid van het oude kombergingsgebied. Zoals door De Mulder en Bosch (1982) reeds opgemerkt, zal de erosie van dikke veenpakketten in noordelijk Noord-Holland tot het ontstaan van een nieuw kombergingsgebied hebben geleid, met een grote opslagcapaciteit voor klastisch materiaal. De insnijding van de nieuwe getijdegeulen in deze fase lijkt, zoals reeds genoemd, samen te hangen met een zekere vergroting van de stormactiviteit en het ontstaan van oplichtingskleien en meren tijdens een fase met hoge lokale grondwaterspiegels. In de fase waarin de Cardium klei in de Noordoostpolder werd afgezet is de ontwikkeling weer anders verlopen. Er traden geen grote geulverleggingen in de Noordoostpolder op en er was geen sprake van een hoge lokale grondwaterspiegel (zie § 2.2.4.5, 3.7.6 en 4.2). Wel zijn in deze fase op uitgebreide schaal meren ontstaan in het IJsselmeergebied (Koopstra, 1982); rekening wordt gehouden met belangrijke stuwingeffecten gedurende hoge vloed en storm, tengevolge van een afgenomen komberging in het IJsselmeergebied (zie § 4.2.3).

Samenvatting

Dit proefschrift handelt over de Holocene veenontwikkeling in de (primariene) randzone van de Nederlandse kustvlakte en over de factoren die die ontwikkeling hebben gestuurd. Het onderzoek is verricht in de Noordoostpolder, waar in twee deelgebieden (Urk en Schokland) de laterale en verticale verspreiding van veentypen en minerogene afzettingen gedetailleerd is gekarteerd. Vier kernen zijn gedetailleerd palaeobotanisch onderzocht (pollen en macroresten) en met behulp van de C-14 methode gedateerd. Ten behoeve van een onafhankelijke reconstructie van het verloop van de grondwaterstijging werd tevens een serie basis-basisveenmonsters gedateerd. Aan de hand van de verkregen lithologische, paleobotanische en chronologische gegevens is de palaeogeografische en palaeo-oecologische ontwikkeling van het gebied gereconstrueerd en zijn conclusies geformuleerd over het mechanisme van de veenontwikkeling en over de factoren die daarbij bepalend zijn geweest.

Lithostratigrafie

Het Pleistocene substraat bestaat behalve uit enkele keileemvoorkomens (Saalien; Formatie van Drente) uit dekzanden (Weichselien; Formatie van Twente) en uit eolische en fluviatiele sedimenten (Weichselien: Kreftenheije Formatie) die verband houden met de aanwezigheid van Pleistocene riviersystemen (Vecht en IJssel).

De Holocene afzettingen (Westland Formatie) kunnen worden onderverdeeld in een onderste deel (aangeduid als Noordoostpolder Complex) en een bovenste deel. Het Noordoostpolder Complex werd gevormd tijdens het Laat-Atlanticum, het Subboreaal en een deel van het Subatlanticum. Het representeert de primariene facies in de landinwaarts gelegen randzone van de zich ontwikkelende kustvlakte. Het bovenste deel van de Westland Formatie (Almere/Zuiderzee afzettingen) betreft hoofdzakelijk onderwater-afzettingen, die na het begin van de jaartelling tot stand kwamen in de zich door erosie uitbreidende Almere/Zuiderzee lagune.

Het Noordoostpolder Complex bestaat uit veen met enkele inschakelingen van klei en organogene sedimenten. In het studiegebied Urk zijn binnen het Noordoostpolder Complex van onder naar boven 7 lagen onderscheiden:

- NC-U1: zeggerietveen
- NC-U2: *Cladium mariscus*veen (met klapklei: NC-U2[klap])
- NC-U3: (kleilig) rietveen (lateraal klei: NC-U3[Unio II])
- NC-U4: *Cladium mariscus*veen
- NC-U5: *Betula-Myrica*- en *Sphagnum/Ericaceae*veen
- NC-U6: (kleirijk) rietveen (lateraal klei: NC-U6[Cardium])
- NC-U7: oligotroof veen.

Laag NC-U7 is in de meeste gevallen door erosie aangetast en wordt afgedekt door de Almere/Zuiderzee afzettingen.

In het studiegebied Schokland is het Noordoostpolder Complex opgebouwd uit andere veentypen. Er zijn 6 verschillende lagen onderscheiden:

- NC-S1: bos- en zeggebosveen; in riviervlakte lateraal detritus en klei (NC-S1[Unio-I])
- NC-S2: zeggeveen (zeer goed gepreserveerd) met *Menyanthes trifoliata*
- NC-S3: elzenbroekbosveen; lateraal detritus en klei (NC-S3[Unio-II])
- NC-S4: goed gepreserveerd zeggeveen; lateraal (Oude) detritus-gyttja (NC-S4[Odj])
- NC-S5: kleirijk rietveen; lateraal klei (NC-S5[Cardium])
- NC-S6: oligotroof veen; lateraal (Jonge) detritus gyttja (NC-S6[Jdg]).

Het Noordoostpolder Complex wordt bij Schokland vrijwel overal afgedekt door de Almere/Zuiderzee afzettingen. De lagen NC-S2 en NC-S4 duiden op permanent zeer natte condities en de overgang vanuit de voorafgaande vegetatie (invers t.o.v. de normale successie) op snelle stijging van het grondwater.

Het verschil in opbouw tussen de veengebieden bij Urk en bij Schokland is het gevolg van de ligging ten opzichte van de mariene invloed. De veensequenties bij Urk vertonen sterke overeenkomsten met kustveensequenties, zoals bekend uit Noord-Holland (zie o.a. Bakker en Van Smeerdijk, 1982; Witte en Van Geel, 1985). De sequenties bij Schokland sluiten aan bij verlandings-sequenties in open water uit het binnenland (zie o.a. Overbeck, 1975). Afwijkingen t.o.v. deze sequenties hangen samen met snelle stijging van de grondwaterspiegel, verrijking ten gevolge van toegenomen mariene invloed en het al dan niet optreden van waterstandsfluctuaties.

De klastische afzettingen zijn afgezet in bestaande (Vecht) en, deels, nieuw gevormde geulen. De Oudere zowel als de Jongere Unioklei zijn afgezet in een oeverwallen-kommen landschap. De oeverwallen van de Oudere Unioklei zijn tot juist ten oosten van Schokland te vervolgen; die van de Jongere Unioklei worden tot ca 5 km ten noordwesten van Schokland aangetroffen. De Cardium klei bestaat uit een subaquatisch afgezette klei en/of een laag *Cerastoderma glaucum* schelpen tussen de Oude en Jonge Detritus-Gyttja en is tot ver ten oosten van Schokland te vervolgen.

Palaeobotanie en chronostratigrafie

Op grond van de resultaten van de palaeobotanische analyse (1 kern bij Urk en 3 kernen bij Schokland), kunnen de hieronder gepresenteerde fasen in de vegetatieontwikkeling, uitgedrukt in phytocoenoses van het meest waarschijnlijke moderne equivalent, worden onderscheiden. De duur en de correlatie van de verschillende fasen is in essentie gebaseerd op een 20-tal C-14 dateringen in de onderzochte kernen. De onderscheiden fasen komen voor het overgrote deel overeen met de lithostratigrafische indeling van de veenpakketten.

Studiegebied Urk

Fase Urk-1 (laag NC-U1): tot ca 5735 BP

Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis, Phragmition en Magnocaricion vegetaties.

Fase Urk-2 (laag NC-U2): 5735 - 4900 BP

Characeae-rijk Cladietum marisci; in de top met bladmos en *Thelypteris*. Interpretatie: verdrinking onder invloed van wisselende waterstanden.

Fase Urk-3 (Laag NC-U3): 4900 - 4425 BP)

Thelypterido-Phragmitetum deels met ruderaal kruiden (Filipendulion en Calthion palustris vegetaties). Bovenin successie naar meer mesotrafente vegetaties (Parvocaricetea). Invloed van de sedimentatie van de Jongere Unio klei.

Fase Urk-4 (Laag NC-U4): 4425 - 4055 BP

Cladietum marisci thelypteridetosum; naar boven toe aanwijzingen voor successie naar Betuletum pubescentis en Pallavicinio-Sphagnetum vegetaties.

Fase Urk-5 (Laag NC-U5): 4055 - 3635 BP

Betuletum pubescentis vegetaties, door successie overgaand in *Sphagnum*, *Eriophorum* en *Ericaceae* vegetaties. Isolatie ten opzichte van voedselrijk water en mogelijk terugval van de stijging van de gemiddelde grondwaterstand.

Fase Urk-6 (Laag NC-U6): 3635 - 3400 BP

Phragmition. Hernieuwde geulactiviteit; sedimentatie van Cardium klei.

Fase Urk-7 (Laag NC-U7): vanaf 3400 BP

Snelle successie naar oligotrofe *Sphagnum* en *Ericaceae* vegetaties bij verminderde geulactiviteit.

Studiegebied Schokland

Fase Sch-1a t/m Sch-1d (Laag NC-S1): tot 5100 BP

Carici elongatae-Alnetum, deels met diverse taxa uit Phragmitetea vegetaties. In de riviervlakte Potameto-Nupharetum (open water); langs de riviervlakte soms drijftilachtige vegetaties (Cicuto-Caricetum pseudocyperii vegetaties). Tijdens fase Sch-1c (5560 - 5290 BP) sedimentatie van Oudere Unio klei in zoetwatergetijde milieu (*Salix* en Phragmitetea vegetaties).

Fase Sch-2a en Sch-2b (Laag NC-S2): 5100 - 4710 BP

- Cicuto-Caricetum pseudocyperi en Menyanthes-rijke Magnocaricion vegetaties.
- Fase Sch-3 (Laag NC-S3): 4710 - 4400 BP
Carici elongatae-Alnetum vegetaties; detritus in riviervlakte - oevervegetatie met taxa kenmerkend voor Phragmition, Magnocaricion en Carici elongatae-Alnetum vegetaties. Aanwijzingen voor wisselende waterstanden.
- Fase Sch-4a en Sch-4b (Laag NC-S4): 4400 - 3800 BP
Magnocaricion, Phragmition en Parvocaricetea vegetaties. Afname waterstandsfluctuaties; mogelijk toename grondwaterstandsstijging. Langs de rivier in fase Sch-4a (4400 - 4000 BP) een Carici elongatae-Alnetum.
- Fase Sch-5 (Top van Laag NC-S4): 3800 - 3650 BP
Betulerum pubescentis vegetaties. Isolatie ten opzichte van rijk grond- en oppervlaktewater, mogelijk in samenhang met een sterke afname van de stijging van de grondwaterstand.
- Fase Sch-6 (Laag NC-S5): 3650 - 3400 BP
Phragmitetea vegetaties; verrijking in samenhang met afzetting van *Cardium* klei -geen snelle waterspiegelstijging.
- Fase Sch-7 (Laag NC-S6): vanaf 3400 BP
 Oligotrofe vegetatie, voornamelijk *Ericaceae*.

Grondwatercurve

Voor de periode 6000 - 4200 BP kan het verloop van de grondwaterspiegelstijging bij Schokland gedetailleerd gereconstrueerd worden op grond van C-14 datering van basis-basisveenmonsters. De grondwatercurve laat, met name bij calibratie van de dateringen, duidelijke versnellingen en vertragingen in de waterspiegelrijzing zien. Tot ca 5500 BP steeg het grondwater relatief snel. In de periode 5500-5200 BP is er sprake van een lichte afname, maar tussen 5200 en 4800 BP stijgt de grondwaterstand zeer sterk. Vervolgens is de stijging van de grondwaterspiegel sterk afgenomen in de periode 4800- 4400 BP, waarna tussen 4400 en 4000 BP opnieuw sprake is geweest van een versnelde grondwaterstijging. Voor de periode na ca 4000 BP biedt de curve geen houvast; palaeobotanische data wijzen op een doorgaande snelle stijging tot ca 3900 BP. Het optreden van de fluctuaties, die blijken samen te vallen met veranderingen in de dynamiek van het riviersysteem bij Schokland, wordt als volgt verklaard. Afgenomen dynamiek wijst op isolatie van het riviersysteem ten opzichte van het getijdesysteem; dit impliceert verslechterde drainage, met als gevolg verhoging van de lokale waterstand (de verlanding van het open water in het riviersysteem versterkt deze tendens nog). In fasen met een toegenomen contact met het getijdesysteem neemt de dynamiek in het riviersysteem toe en verbetert de afwatering van de omringende veengebieden. E.e.a. resulteert in een afname van de grondwaterstijging. Overigens blijkt uit de palaeobotanische gegevens dat de sterke waterspiegelstijging tussen 3100 cal BC/4400 BP en ca 2300 cal BC/3800 BP alleen bij Schokland is opgetreden en niet bij Urk. Blijkbaar stagneerde de afwatering in deze fase pas ten oosten van Urk. Voor de periode pre-5000 BP, in een situatie met een open kust, zal de grondwatercurve in principe rechtstreeks de zeespiegelstijging weergeven.

De grondwatercurve voor Schokland blijkt beneden de "donkencurve" van Van de Plassche (1982) te liggen, die op grond van de argumenten van Van Dijk et al. (1991) als representatief voor de stijging van het Gemiddeld Zeeniveau mag worden beschouwd. Op grond van een gedetailleerde analyse van de basisgegevens moet geconcludeerd worden dat dit verschil niet veroorzaakt wordt door differentiële bodemdaling tussen het Noordoostpoldergebied en het gebied van de benedenrivieren, maar dat de door Van de Plassche (1982) gebruikte C-14 dateringen van basisveenmonsters verouderd zijn door bijmenging van onderliggend bodemmateriaal. De grondwatercurve voor Schokland is daarmee op dit moment de meest betrouwbare GZN-limietcurve.

Genese van het Noordoostpoldergebied

Op grond van de beschikbare gegevens kan het volgende beeld geschetst worden van de ontwikkeling van het Noordoostpoldergebied.

Fase 1: begin Holocene tot ca 5700 BP

Verdrinking van de diepste delen van het gebied. Ondiep open water in de riviersystemen, met bij Urk overheersend *Phragmites* rond het stroomdal van de Vecht en in het centrale deel van het gebied dominantie van diverse *Carex*-soorten. In het oosten op uitgebreide schaal *Carex*-rijke Carici elongatae-Alnetum vegetaties, met langs het open water *Carex* en *Phragmites* (Phragmitetea vegetaties).

Fase 2: ca 5700 tot 5300 BP

Bij een min of meer open kust en een gematigde waterspiegelstijging dringt mariene invloed tot juist ten oosten van Schokland door. Afzetting van Oudere Unio klei in het riviersysteem (oeverwallen-kommen systeem) in een, althans in het oosten, zoetwatergetijdegebied. In het westen ontstaat langs de rivier een brede gordel met Phragmitetea-vegetatie lateraal overgaand in een Cladietum marisci vegetatie. In het centrale gebied ontwikkelt zich achter de *Phragmites* gordel een *Carex*-rijke vegetatie, terwijl in het oosten met name Carici elongatae-Alnetum vegetaties zich handhaven.

Fase 3: ca 5300 tot 4700 BP

Met de geleidelijke sluiting van de Hollandse kust begint een versnelling van de grondwaterstijging die tussen ca 5100 en 4800 BP een hoogtepunt bereikt. De aanvoer van marien sediment komt tot een einde. *Alnus* verdwijnt vrijwel geheel uit de vegetatie en er ontstaan op uitgebreide schaal diverse Magnocaricion-vegetaties. Bij Urk gaat het om natte Cladietum marisci-vegetaties, terwijl in het centrale gebied trilveen-achtige vegetaties ontstonden. In het oosten ontstonden langs de rivier zeer natte *Menyanthes trifoliata*-vegetaties (drijftilvormend?). Aan het einde van fase 3 ontstaat een nieuwe afwateringsgeul van de Vecht; daarbij vindt meervorming plaats in het centrale deel van de Noordoostpolder en sedimentatie van oplichtingsklei in het *Cladium*veen in de omgeving van Urk. Na ca 4800 BP wordt in de nieuwe geul en in het meer in het centrale deel van de Noordoostpolder de Jongere Unioklei afgezet. De stijging van de grondwaterstand neemt in deze fase af. Langs gebieden met kleisedimentatie kwamen *Phragmites*-vegetaties tot ontwikkeling. Elders bleven *Carex*-vegetaties domineren maar de abundantie van *Menyanthes trifoliata* nam sterk af. De "oude" Vechtgeul, die tijdens de sedimentatie van de Oudere Unio klei ten zuiden van Urk was gelegen, verlandde in deze fase geheel.

Fase 4: ca 4700 tot 4400 BP

Vanaf 4700 BP treedt er met name in het oostelijke deel van het onderzochte gebied een sterke verandering op in het landschap, doordat op uitgebreide schaal de *Carex*-vegetaties verdrongen werden door Carici elongatae-Alnetum-vegetaties. Dit gebeurde in samenhang met een zeer sterke afname in de stijging van de grondwaterstand. In deze fase trok de mariene invloed zich terug uit de Noordoostpolder en verlandde het meer in het centrale deel van de Noordoostpolder met een *Phragmites*-rijke vegetatie. Tot ca 4550 BP is ten Noorden van Urk nog sprake van enige mariene invloed op de vegetatieontwikkeling. Ook in de kop van Noord-Holland was in toenemende mate sprake van veenvorming tijdens deze fase.

Fase 5: ca 4400 tot 3800 BP

In het oostelijk deel van het gebied trokken de Carici elongatae-Alnetum vegetaties zich terug naar een gordel langs de voormalige rivier. Na ca 4000 BP verdween *Alnus* hier vrijwel geheel uit de vegetatie en ontstonden drijftil- en trilveen-achtige *Carex* vegetaties (Magnocaricion- en Parvocaricetea-vegetaties). Ten noorden van Urk ontstonden opnieuw uitgebreide Cladietum marisci-vegetaties. Na ca 4000 BP verarmde het milieu bij Urk en ontstonden er *Myrica*-rijke Betuletum pubescentis vegetaties en vervolgens oligotrofe *Sphagnum* en *Ericaceae*-vegetaties. De stijging van de grondwaterstand bij Schokland ondergaat een zekere versnelling, terwijl de fluctuaties in de grondwaterstand afnemen. Terwijl er bij Schokland tot ca 3900 BP een duidelijke vernatting van de vegetatie is opgetreden lijkt er bij Urk sprake van een afname van de sedimentatiesnelheid van het veen. Dit laatste wijst op een beperkte grondwaterstijging waarbij de netto veenaccumulatie tot isolatie ten opzichte van rijk grond- en oppervlaktewater kon leiden.

Fase 6: ca 3800 tot 3650 BP

Kenmerkend is een duidelijke verarming van het milieu. Bij Schokland ontstaan Betuletum pubescentis-vegetaties, bij een sterke afname van de sedimentatiesnelheid van het veen. Bij Urk zet de vorming van oligotrofe vegetaties door.

Fase 7: ca 3650 tot 3450 BP

De aanvoer van licht brak kleihoudend water (Cardium klei) betekent in vrijwel het gehele gebied het einde van de oligotrofe veenvorming en ontwikkeling van mesotrofe Betuletum pubescentis-vegetaties. Langs de rivier, waarin subaquatische klei sedimenteerde, ontstonden *Phragmites*-rijke vegetaties, daarbuiten *Carex*-vegetaties. De veranderingen in deze fase zijn primair veroorzaakt door de toegenomen mariene invloed; er is geen sprake van een versnelde stijging van de grondwater. Fluctuaties in de grondwaterstand hadden een seizoensgebonden karakter.

Fase 8: ca 3450 tot 1600 BP

Sluiting van de Noord-Hollandse kust en het wegvallen van de mariene invloed leidt tot grootschalige oligotrofe veenvorming. Door erosie breidde het oppervlakte open water zich sterk uit, met afzetting plaats van organoklastisch sediment (Detritus-Gyttja, Flevomeer afzettingen). Na de Romeinse tijd ontstond een verbinding tussen de IJsselmeer-lagune en de Waddenzee en kon opnieuw mineroklastisch materiaal naar de Noordoostpolder worden getransporteerd. De sedimentatie van deze kleien, silten en zanden (Almere en Zuiderzee afzettingen) betekende het einde van de veenvorming in de Noordoostpolder.

Conclusies

Variaties in de mariene invloed zijn direct en indirect bepalend geweest voor de Holocene genese van de Noordoostpolder. In het westen speelde de meer directe invloed, maar met name de indirecte invloed, die zich uitte in variaties in de stijging van de lokale grondwaterspiegel, is van doorslaggevend belang geweest voor de genese van de Noordoostpolder.

Summary

This thesis deals with the Holocene peat development in the (perimarine) borderzone of the Dutch coastal lowland. The research has been carried out in the Noordoostpolder (NOP), where in two separate areas (Urk and Schokland) the vertical and lateral distribution of peat types and mineroclastic sediments has been mapped in detail. Four cores have been analysed paleobotanically (pollen and macrofossils) and dated by means of the conventional C-14 method. For an independent reconstruction of the rise of groundwater level several compaction free initial peat samples have been dated. With the aid of the lithological, paleobotanical and chronological data, the paleogeographical and paleoenvironmental development of the area is reconstructed and conclusions are drawn with respect to the mechanisms that have led to peat development and the (most prominent) environmental parameters that were involved.

Lithostratigraphy

The Pleistocene substrate consists, except for some outcropping ice-pushed boulder clay (Saalian; Drente Formation), of cover sands (Weichselean; Twente Formation) and eolian and fluvial sediments (Weichselean; Kreftenheye Formation) of Pleistocene riversystems (rivers Vecht and IJssel).

The Holocene deposits (Westland Formation) could be separated in a lower (referred to as Noordoostpolder Complex) and an upper part. The Noordoostpolder Complex is formed during the Late-Atlantic, the Subboreal and part of the Subatlantic period. It represents the perimarine facies of the most inland zone of the developing coastal plain. The upper part of the Westland Formation (Almere/Zuiderzee deposits) mainly consists of subaquatic deposits, which have been laid down after 0 B.C., during a phase of augmentation of the Almere/Zuiderzee lagoon.

The Noordoostpolder Complex embraces a peat body with intercalated layers of clay or organogenic sediments. In the Urk study area 7 different layers have been distinguished within the Noordoostpolder Complex. Going from bottom to top these layers are:

NC-U1: *Carex-Phragmites* peat

NC-U2: *Cladium mariscus* peat (with clay layer: NC-U2[klap])

NC-U3: (clayey) *Phragmites* peat (laterally clay: NC-U3[Unio II])

NC-U4: *Cladium mariscus*veen

NC-U5: *Betula-Myrica*- and *Sphagnum/Ericaceae* peat

NC-U6: (clayey) *Phragmites* peat (laterally clay: NC-U6[Cardium])

NC-U7: oligotrophic peat.

Layer NC-U7 is in most cases affected by erosion and covered by the Almere/Zuiderzee deposits.

In the Schokland study area the Noordoostpolder Complex is built up by different peat types. Here six layers of peat have been distinguished:

NC-S1: *Alnus* peat and *Carex-Alnus* peat; in the riverarea laterally detritus and clay (NC-S1[Unio-I])

NC-S2: *Carex* peat (preserved very well) with *Menyanthes trifoliata*

NC-S3: *Alnus* carr peat; laterally detritus and clay (NC-S3[Unio-II])

NC-S4: well preserved *Carex* peat; laterally (Old) detritus-gyttja (NC-S4[Odg])

NC-S5: clay rich *Phragmites* peat; laterally clay (NC-S5[Cardium])

NC-S6: oligotrophic peat; laterally (Young) detritus gyttja (NC-S6[Jdg]).

The Noordoostpoldercomplex near Schokland is almost everywhere covered by the Almere/Zuiderzee deposits. Layers NC-S2 and NC-S4 point at permanently very wet

conditions and the transition from the preceding vegetation (inverse against normal succession) at a fast rise in the groundwater level.

The differences in stratigraphy of both studyarea's are related to the position with respect to the tidal marine area. The sequence in the Urk area shows many similarities with coastal peat sequences known from the coastal province of Noord-Holland (zie o.a. Bakker and Van Smeerdijk, 1982; Witte and Van Geel, 1985). The sequence in the Schokland study area reveals intervals with a normal hydrosereal successional sequences known from inland open water areas (zie o.a. Overbeck, 1975). Deviations from this pattern in the vertical succession of the organic sediments are indicative for changes in the rise of the groundwaterlevel, enrichment due to increasing marine influence and the degree of groundwater level changes.

The minerogenic sediments are deposited in Pleistocene Vecht channels and newly formed gullies. The Older and the Younger Unio Clay have been deposited in a levee-backswamp configuration. The levees of the Older Unio Clay deposits can be traced from south of Urk to due east of the Schokland area. The easternmost location of levees of the Younger Unio Clay can be found 5 KM (downstreams) northwest of Schokland. The Cardium Clay consists of subaquatic deposit or, a few km east of Schokland, as a layer of *Cerastoderma glaucum* shells between two layers of detritic-gyttja and can be traced up to the far east of the Noordoostpolder.

Palaeobotany and Chronology

On the bases of the palaeobotanical results (1 core in the Urk study area and 3 cores in the Schokland study area) the following phases in the vegetational development, expressed in terms of the most probable modern equivalent phytocoenose, can be distinguished. The age, lateral correlation and duration of the phases is based on 20 C-14 dates in the analysed cores. More or less these phases represent the lithostratigraphical subdivision of the peat deposits. From old to young:

Study area Urk

Phase Urk-1 (layer NC-U1): till ca 5735 BP

Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis, Phragmition and Magnocaricion vegetations.

Phase Urk-2 (layer NC-U2): 5735 - 4900 BP

Characeae-rich Cladietum marisci; in the top with *Bryophytae* and *Thelypteris*.

Interpretation: drownage and fluctuating waterlevels.

Phase Urk-3 (layer NC-U3): 4900 - 4425 BP

Thelypterido-Phragmitetum partly with ruderal herbs (Filipendulion and Calthion palustris vegetations). in the top succession towards more mesotraphentean vegetations (Parvocaricetea). Influence of the sedimentation of the Younger Unio clay.

Phase Urk-4 (layer NC-U4): 4425 - 4055 BP

Cladietum marisci thelypteridetosum; towards the top indications of succession towards Betuletum pubescentis and Pallavicinio-Sphagnetum vegetations.

Phase Urk-5 (layer NC-U5): 4055 - 3635 BP

Betuletum pubescentis vegetations, by succession changing into *Sphagnum*, *Eriophorum* and *Ericaceae* rich vegetations. Isolation from nutriënt rich water and possibly a decrease in rise of the main groundwaterlevel.

Phase Urk-6 (layer NC-U6): 3635 - 3400 BP

Phragmition. Renewed activity of the gully and sedimentation of Cardium clay.

Phase Urk-7 (layer NC-U7): from 3400 BP

Rapid succesion towards oligotrofic *Sphagnum* and *Ericaceae* rich vegetations and decreased activity of the gully.

Study area Schokland

Phase Sch-1a to Sch-1d (layer NC-S1): tot 5100 BP

Carici elongatae-Alnetum, partly with several taxa from Phragmitetum vegetations. In the riverplain Potameto-Nupharetum (open water); bordering the riverplain floating

- vegetations. (Cicuto-Caricetum pseudocyperi vegetations). During phase Sch-1c (5560 - 5290 BP) sedimentation of Older Unio clay in a fresh water tidal environment (Salix and Phragmitetia vegetations).
- Phase Sch-2a and Sch-2b (layer NC-S2): 5100 - 4710 BP
Cicuto-Caricetum pseudocyperi and Menyanthes-rich Magnocaricion vegetations.
- Phase Sch-3 (layer NC-S3): 4710 - 4400 BP
Carici elongatae-Alnetum vegetations; detrital sediments in riverplain -water edge communities with taxa known from Phragmition, Magnocaricion and Carici elongatae-Alnetum vegetations. Indications for fluctuating water levels.
- Phase Sch-4a and Sch-4b (layer NC-S4): 4400 - 3800 BP
Magnocaricion, Phragmition and Parvocaricetia vegetations. decrease in water level fluctuations; possibly an increase in the rise of the groundwaterlevel. Along the river during phase Sch-4a (4400 - 4000 BP) a Carici elongatae-Alnetum.
- Phase Sch-5 (Top van layer NC-S4): 3800 - 3650 BP
Betuletum pubescentis vegetations. Isolation against rich ground- and surfacewater, possibly in connexion with a strong decrease in the rise of the groundwaterlevel.
- Phase Sch-6 (layer NC-S5): 3650 - 3400 BP
Phragmitetia vegetations; enrichment related to the sedimentation of the Cardium clay - no fast rise of the groundwater level.
- Phase Sch-7 (layer NC-S6): vanaf 3400 BP
Oligotraphentous vegetations, mainly *Ericaceae*.

Groundwater curve

For the period 6000-4200 BP the rise of the groundwater table near Schokland can be reconstructed in detail on the base of C-14 dates on compaction free initial peat samples (bases-bases peatsamples). The trend in the time-depth curve of the groundwater table shows, especially after calibration of C-14 dates, clear accelerations and retardations in the rise of the groundwaterlevel. Until ca 5500 BP the groundwater level rose relatively rapid. In the period 5500-5200 BP rise occurred at a slower rate, but between 5200 and 4800 BP the groundwater level rose very fast. Subsequently the rise of the groundwater was decreasing in the period 4800-4400 BP, again followed by an acceleration of the rise between 4400 and 4000 BP. For the period after 4000 BP the curve is not accurate enough; paleobotanical data however point at a continuation of the fast rise in the groundwater until ca 3900 BP.

The existence of waterlevel fluctuations, which appear to coincide with changes in the environmental dynamics of the river system near Schokland, is explained as follows. Decreasing dynamics points at isolation of the riversystem from the tidal systems; this results in less efficient drainage, with as a consequence a rise in the local groundwater level (the vegetation development in open water areas of the riversystem strengthen this tendency too). In phases with increased contact with the tidal system the dynamics in the riversystem increases and results in improved drainage of the surrounding marsh area. The result is a decreasing rise in the local groundwater level. Moreover from the paleobotanical data it is shown that the strong rise in the groundwater level between 4400 BP and 3800 BP only occurred near Schokland and not near Urk. Apparently during this period the drainage hampered east of Urk. For the period before 5000 BP, during a situation with an open coast, the groundwater curve will in principle follow the sealevel rise directly.

The groundwaterlevel curve of Schokland is positioned below the "donken" (=riverdune) curve of Van de Plassche (1982), which might be considered as representative for the rise of the Mean Sealevel (MSL) as argued by Van Dijk et al (1991). Based on a detailed analysis of the data used by Van de Plassche it must be concluded that the difference in position of the two curves is not related to tectonic lowering of the substrate between the Noordoostpolder area and the area of the great rivers (Rhine and Meuse), but that the samples used by Van de Plassche (1982) for dating the initial peat growth suffer from aging due to contamination with "old" soil material. By this the groundwater curve of Schokland is the most accurate MSL-limit curve.

Genese of the Noordoostpolder

Based on the available data the following phases in the palaeoenvironmental development of the Noordoostpolder can be distinguished.

Phase 1 Beginning of the Holocene until ca 5700 BP

Palludification in the deepest parts of the area. Shallow water in the riversystems and near Urk, in the surroundings of the river Vecht, dominated by *Phragmites* vegetations and in the central part of the area dominance of several *Carex* species. In the eastern parts *Carex*-rich *Carici elongatae-Alnetum* vegetations, and bordering on open water vegetations of *Carex* and *Phragmites* (*Phragmitetea* vegetations).

Phase 2 ca 5700 until 5300 BP

During a situation with a more or less open coast and a moderate water level rise, marine influence penetrated the area up to and including the area east of Schokland. Deposits of Older Unio clay in the riversystem (levee-backswamp configuration) in the east, under fresh water tidal conditions. In the west, along the river, a broad zone with *Phragmitetea* vegetations developed laterally changing into a *Cladietum marisci* vegetation. In the central part of the area, behind the *Phragmites* zone, a *Carex*-rich vegetation developed, while in the east mainly *Carici elongatae-Alnetum* vegetations maintained.

Phase 3 ca 5300 until 4700 BP

During a phase in which the coast in Noord-Holland gradually closed, the rise of the groundwater level in the Noordoostpolder accelerated, reaching a maximum between 5100 and 4800 BP. The input of marine sediments into the area ended. *Alnus* almost completely disappeared from the vegetation and on a broad scale various *Magnocaricion* vegetations developed. Near Urk these still existed of *Cladietum marisci* vegetations, while in the centrale part of the Noordoostpolder *Bryophyta* and *Menyanthes* rich *Magnocaricion* or *Parvocaricetea* vegetations developed. In the eastern part, in and along the riverplain very wet *Menyanthes* rich *Magnocaricion* vegetations occurred, which had, at least partly, a floating character. Towards the end of phase 3 a new drainage channel of the Vecht developed, located north of Urk and draining towards the coastal area of the north of Noord-Holland (Wieringermeer). The incision of this new gully was accompanied by lake formation in the central part of the area, while in the Urk area, the sedimentation of thin layers of sharply bordered clay occurred within the *Cladietum marisci* vegetations. After ca 4800 BP Younger Unio Clay was deposited in the new channel and in a newly developed lake in the central part of the Noordoostpolder. The sharp rise of the groundwater level, that characterized the preceding phase, decreased during this event. Bordering on the areas with clay sedimentation *Phragmites* vegetations developed on a broad scale, while the presence of *Menyanthes trifoliata* decreased in parts where *Carex* vegetations maintained. The "old" channel of the "Vecht", which left the Noordoostpolder south of Urk during the preceding phases, silted up with clay and detritus and finally with peat.

Phase 4 ca 4700 until 4400 BP

From 4700 BP a strong change in the landscape occurred, especially in the eastern part of the Noordoostpolder, as a result of a progressive hydrosereal succession whereby the *Carex* vegetations were replaced by *Carici elongatae-Alnetum* vegetations. The underlying environmental factor for this is a strong decrease in the rise of the groundwaterlevel. Towards the end of this phase the marine influence retreated from the area and *Phragmites* vegetations developed in the lake in the central part of the Noordoostpolder. Until ca 4550 BP marine influence occurred near Urk. Also in the coastal area (Noord-Holland) peat formation on top of earlier formed sediments occurred towards the end of this period.

Phase 5 ca 4400 until 3800 BP

During this period the presence of *Carici elongatae-Alnetum* vegetations in the eastern part of the area was limited to the direct surroundings of the river channel. After ca 4000 BP *Alnus* almost totally disappeared from the vegetations in this area and *Carex* vegetations spread (*Magnocaricion* and *Parvocaricetea*). North of Urk again *Cladietum marisci* vegetations developed. After 4000 BP the nutrient availability decreased and *Myrica* rich *Betuletum pubescentis* vegetations developed, succeeded by *Sphagnum* and *Ericaceae* vegetations after ca

3900 BP. The rise in the groundwater table near Schokland (eastern part of the area) accelerated accompanied by a clear decrease in water level fluctuations. While near Schokland a clear palludification of the environment occurred, the study area near Urk experienced a strong decrease in the peat accumulation. This points to a moderate groundwater level rise, during which the netto peat accumulation could have led to isolation from nutrient rich ground and surface water.

Phase 6 ca 3800 until 3650 BP

This phase is characterized by a decrease in the nutrient status in the Urk as well as in the Schokland area. Near Schokland Betuletum pubescentis vegetations developed. During this development the accumulation rate of the peat strongly decreased. Near Urk development of oligotrophic vegetations (*Sphagnum* and *Ericaceae*) continued.

Phase 7 from 3650 until 3450 BP

The influx of clay-rich brackish water (Cardium Clay) determined, for the whole area, the end of oligotrophic peat formation as well as the end of Betuletum pubescentis vegetations. Along the river, in which Cardium Clay was sedimentated subaqueously, *Phragmites*-rich vegetations developed, laterally changing into *Carex* vegetations often rich in *Phragmites*. The changes in the landscape are primarily caused by increased marine influence; there is no influence of increased rise in the groundwater level. Fluctuations in the groundwater level more or less had a seasonal character.

Phase 8 from ca 3450 until 1600 BP

Closing of the coast in Noord-Holland and the disappearance of marine influence led to the development of oligotrophic peat types on a broad scale. Erosion by wave-action gradually extended the bodies with open water and the sedimentation of organoclastic sediments (Detritus-gyttja, Flevomeer deposits) occurred. After the Roman period contact with the marine realm developed again via a connexion between the lake IJssel lagoon and the Waddensea area and again mineroclastic material was transported into the Noordoostpolder area. The sedimentation of these clays, silts and sands (Almere and Zuiderzee deposits) meant the end of peatformation in the Noordoostpolder.

Conclusions

Variations in the marine influence are directly or indirectly determining for the Holocene genese of the Noordoostpolder. In the western part the more direct influence was important, but the indirect influence, which resulted in variations in the rise of the local groundwater level, was of major importance for the palaeogeographical development of the Noordoostpolder.

Literatuurlijst

- Bakker, M. and D.G. Van Smeerdijk, 1982: A palaeoecological study of a late Holocene section from 'Het Ilperveld', Western Netherlands. -Rev. Palaeobot. Palynol. 36: 95-163.
- Beijerinck, W., 1976: Zadenatlas der Nederlandse flora. -Backhuys & Meesters, Amsterdam. 316 pp.
- Bennema, J., 1954: Bodem- en zeespiegelbewegingen in het Nederlandse kustgebied. - Ph. D. Thesis, Wageningen. Ook in: Boor en spade 7: 1-96.
- Berendsen, H.J.A., 1982: De genese van het landschap in het zuiden van de provincie Utrecht. -Ph. D. Thesis, Rijksuniversiteit Utrecht. Ook in: Utr. Geogr. Studies, 25.
- Berggren, G., 1969: Atlas of seeds, 2: Cyperaceae. -Swed. Natl. Sci. Res. Counc., Stockholm. 68 pp.
- Berggren, G., 1981: Atlas of seeds, 3: Salicaceae-Cruciferae. -Swed. Natl. Sci. Res. Counc., Stockholm. 261 pp.
- Bertsch, K.B., 1941: Früchte und samen Handbücher der praktischen Vorgeschichtsforschung. -Enke Verlag, Stuttgart. 195 pp.
- Birks, H.J.B. and H.H. Birks, 1980: Quaternary palaeoecology. -Edward Arnold, London. 289 pp.
- Bodemkundige Code- en Profielkaart van de Noordoostpolder, 1947: (Blad 1 t/m 21) Directie van de Wieringermeer, Noordoostpolderwerken
- Bohncke, S.J.P., 1984: Palaeobotanical Study on Vegetation Horizons in the Young Holocene Coastal Plain of Groningen (Northern Netherlands). -In Schoute, J.F.Th., 1984: Vegetation horizons and related phenomena. A palaeoecological-micromorphological study in the younger coastal Holocene of the Netherlands (Schildmeer area). -Ph. D. Thesis Free University Amsterdam.
- Bohncke, S.J.P., 1991, Palaeohydrological changes in the Netherlands during the last 13000 years. -Ph. D. Thesis Free University of Amsterdam.
- Brand, G., Hageman, S., Jelgersma, K. en H. Sindowski, 1965; Die lithostratigrafische Unterteilung des marinen Holozäns an der Nordseeküste. - Geol. Jahrbuch 82: 365-385.
- Casparie, W., 1972: Bog development in Southeastern Drenthe (The Netherlands). - W. Junk N.V., 's Gravenhage. 271 pp.
- Clymo, R.S., 1963: Ion exchange in *Sphagnum* and its relations to bog ecology. - Ann. Bot. n.s. 27: 309-324
- Clymo, R.S., 1973: The growth of *Sphagnum*: some effects of environment. - J. Ecol., 61: 849-869
- Conway, V.M., 1936-8: Studies on the Autecology of *Cladium mariscus*. parts I-V. - New Phytol. 35, 36, 37
- Conway, V.M., 1942: *Cladium* P.Br.- J. Ecol 30: 211-216
- De Jong, A.F.M. en W.G. Mook, 1981: Natural C-14 variations and consequences for sea-level fluctuations and frequency analysis of periods of peat growth. - In: A.J. van Loon (ed.): Quaternary geology: A farewell to A.J. Wiggers. -Geol. Mijnbouw 60: 353-361.
- De Jong, J., 1981: Pollenanalytisch onderzoek van onder rivierafzettingen afkomstig materiaal bij Wijchen. Boring Wijchen-Wezelsche Broek II (426/117-10). -Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- De Jong, J.D. en B.P. Hageman, 1960: De legenda voor de holocene afzettingen op de nieuwe geologische kaart van Nederland, schaal 1:50.000. - Geol. Mijnbouw 39: 644-653.
- De Mulder, E.F.J. and J.H.A. Bosch, 1982: Holocene stratigraphy, radio-carbon datings and paleogeography of central and northern North-Holland (The Netherlands). -Meded. Rijks Geol. Dienst, 36-3: 111-160
- Doppert, J.W. Chr., G.H.J. Ruegg, C.J. van Staalduinen en J.G. Zandstra, 1975: Formaties van het Kwartair in Nederland; In: Zagwijn W.H. en C.J. van Staalduinen (eds.): Toelichtingen bij de geologische overzichtskaarten van Nederland. -Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

- Dupont, L.M., 1985: Temperature and rainfall variations in a raised bog ecosystem. A Palaeoecological and Isotopegeological study. -Thesis, Universiteit van Amsterdam. 62 pp.
- Ente, P.J., 1971: Sedimentary Geology of the Holocene in the lake IJssel region. - Geol. Mijnbouw 50: 373-382.
- Ente, P.J., 1976: The geology of the northern part of Flevoland in relation to the human occupation in the Atlantic time. -Helinium 16: 13-33.
- Ente, P.J., Konings, J. and R. Koopstra, 1986: De bodem van Oostelijk Flevoland. - Flevovericht nr. 258, Rijksdienst voor IJsselmeerpolders. 174 pp.
- Ente, P.J., Zagwijn, W.H. and W.G. Mook, 1975: The Calais deposits in the vicinity of Wieringen and the geogenesis of the northern North-Holland. -Geol. Mijnbouw, 54: 1-14.
- Fægri, K. en J. Iversen, 1975: Textbook of Pollen Analysis. -Munksgaard, Copenhagen. 3 rd rev. ed. by K. Fægri, 295 pp.
- Gehasse, E., 1989: Amphibieën van P-14. -Intern paper, Inst. v. Prae- en Protohistorie, Universiteit van Amsterdam.
- Godwin, H., 1956: The history of British flora. A factual basis for phytogeography. - VIII u., Cambridge, 384 pp.
- Godwin, H., 1981: The archives of the peat bogs.-Cambridge University press. 229 pp.
- Godwin, H en A.G. Tansley, 1929: The vegetation of Wicken Fen. - The natural vegetation of Wicken Fen, part V
- Griede, J.W., 1978: Het ontstaan van Frieslands Noordhoek. -Ph. D. Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, 186 p.
- Grosse-Brauckmann, G., 1972: Über pflanzliche Makrofossilien mitteleuropäischer Torfe; I Gewebereste kräutiger Pflanzen und ihre Merkmale. -Telma, 2: 19-55.
- Grosse-Brauckmann, G., 1974: Über pflanzliche Makrofossilien mitteleuropäischer Torfe; II. Weitere Reste (Früchte und Samen, Moose u.a.) und ihre Bestimmungsmöglichkeiten. -Telma, 4: 51-117.
- Grosse-Brauckmann, G., 1976: Ablagerungen der Moore: in Göttlich, K., 1976: Moor- und Torfkunde. -E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 91-133
- Hageman, B.P., 1963: De profieltype-legenda van de nieuwe geologische kaart voor het zeeklei- en rivierkleigebied. -Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 80: 217-229
- Hageman, B.P., 1969: Development of the western part of The Netherlands during the Holocene. - Geol. Mijnbouw, 48: 373-388.
- Havinga, A.J., 1974: Problems in the interpretation of pollen diagrams of mineral soils. - Geol. Mijnbouw, 53: 449-453.
- Havinga, A.J., 1984: A 20-year experimental investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen en spores in various soil types. - Pollen et spores, 26: 541-558.
- Jelgersma, S., 1961: Holocene sea-level changes in the Netherlands. -Ph. D. Thesis, Leiden. Also in: Meded. Geol. Stichting, C-IV (7), 100 pp.
- Jelgersma, S., 1966: Sea-level changes during the last 10.000 years. -Proc.Int.Symp. World Climate from 8000 to 0 BC, Roy.Meteor.Soc.London, 54-71.
- Jelgersma, S., 1977: Zeespiegelbewegingen en bodemdaling. -Geologisch onderzoek van het Nederlandse Waddengebied, Rijks Geol.Dienst, Haarlem, 72-74.
- Jelgersma, S., 1979: Sea-level changes in the North Sea basin. -In: E. Oele, Schüttenhelm, R.T.E. and A.J. Wiggers (eds), The Quaternary history of the North Sea. -Acta Univ. Uppsala Symp. Univ. Upps. Ann. Quingent. Celebr. 2: 233-248.
- Jelgersma, S. en J.B. Breeuwer, 1975: Toelichting bij de kaart glaciële verschijnselen gedurende het Saalien, 1 : 600 000; in Zagwijn, W.H en C.J. van Staalduinen (eds.): Toelichtingen bij de geologische overzichtskaarten van Nederland. -Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Klaar, L.E.M., 1951: Aanvullende gegevens en beschouwingen over de afzettingen uit het jongere kwartaal in de Noordoostpolder. -Intern rapport Bodemk. Afd. van de Directie v.d. Wieringermeer (Noordoostpolderwerken), Kampen.

- Koopstra, R., 1981: De problematiek van de datering van de "Cardiumtransgressie" in het IJsselmeergebied. -Jaarverslag 1981 onderzoeksafdelingen R.I.J.P. Lelystad, Flevovericht 206
- Körber-Grohne, U., 1964: Bestimmungsschlüssel für subfossile Juncus-Samen und Gramineen-Früchte. -Probleme der Küsteforschung im südlichen Nordseegebiet, 7: 1-47. August Lax, Hildesheim.
- Kuipers, S.F., 1981: Bodemkunde- Educaboek, Culemborg. 284 pp.
- Louwe Kooijmans, L.P., 1974: The Rhine/Meuse Delta; Four Studies on its Prehistoric Occupation and Holocene Geology. - Ph. D. Thesis Leiden. 421 pp.
- Menke, B., 1968: Ein Beitrag zur pflanzensoziologischen Auswertung von Pollendiagrammen, zur Kenntnis früherer Pflanzengesellschaften in den Marschenrandgebieten der schleswig-holsteinischen Westküste und zur Anwendung auf die Frage der Küstenentwicklung. -Mitt. Flor. soz. Arb., Band 13: 195-224.
- Menke, U. en G. Lenselink, 1991: Bodemkundig-geologisch onderzoek langs een oude loop van de Vecht op kavel D 133 en D 134, Noordoostpolder. Intern rapport Rijkswaterstaat, directie Flevoland, 17 pp.
- Middeldorp, A.A., 1982: Pollenconcentration as a basis for indirect dating and quantifying net organic and fungal production in a peat bog ecosystem. -Rev. Palaeobot. Palynol., 37: 225-282.
- Middelhoek, A and A.J. Wiggers, 1953: A Research into the Microflora and Microfauna of the Holocene Sediments in the North-East Polder. -Biol. Jaarb., 20: 235-291.
- Moore, P.D. en J.A. Webb, 1983: An illustrated guide to pollen analysis. -London (reprint), 133 pp.
- Muller, J. en B. van Raadshoven, 1947: Het Holocene in de Noordoostpolder. - Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 2e reeks 64: 153-185.
- Overbeck, F., 1975: Botanische-geologische Moorkunde. -Neumünster, 719 pp.
- Pals, J.P., Van Geel, B. and A. Delfos, 1980: Paleoecological studies in the Klokkeweel bog near Hoogkarspel (prov. of Noord-Holland). -Rev. Palaeobot. Palynol. 30: 371-418.
- Polak, B., 1936: Pollen- und torfanalytische Untersuchungen im künftigen Nord-Oestlichen Polder der Zuidersee. -Recueil des travaux botaniques Néerlandais., Vol. XXXIII
- Pons, L.J., 1957: De geologie, de bodenvorming en de waterstaatkundige ontwikkelingen van het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen. -Ph. D. Thesis Wageningen en Versl. Landb. Ond., 63.11, 156 pp.
- Pons, L.J. en A.J. Wiggers, 1958: De morfologie van het pleistocenen oppervlak in Noordholland en het Zuiderzeegebied, voor zover gelegen beneden gemiddeld zeeniveau (N.A.P.). -Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. Tweede reeks, Deel LXXV: 120-139.
- Pons, L.J. en A.J. Wiggers, 1959 /1960: De holocene wordingsgeschiedenis van Noord-Holland en het Zuiderzee gebied. -Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 76: 104-152 en 77: 3-57.
- Pons, L.J., Jelgersma, S., Wiggers, A.J. and J.D. de Jong, 1963: Evolution of the Netherlands during the Holocene. -Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen. G.S. 21-2. Trans. Jub. Conv. deel 2: 197-208.
- Punt, W., 1976: The Northwest European pollen flora, I. -Elsevier, Amsterdam.
- Punt, W. en G.C.S. Clarke, 1980: The Northwest European pollen flora, II. -Elsevier, Amsterdam.
- Punt, W. en G.C.S. Clarke, 1981: The Northwest European pollen flora, II. -Elsevier, Amsterdam.
- Punt, W. en G.C.S. Clarke, 1984: The Northwest European pollen flora, IV. - Elsevier, Amsterdam.
- Roeleveld, W., 1974 :The Groningen coastal area. A study in Holocene Geology and lowland Physical Geography. -Ber. Rijksd. Oudh. Bodemonderz. vol 24, 132. pp.

- Roep, Th en D.J. Beets, 1988: Sea level rise and paleotidal levels from sedimentary structures in the coastal barriers in the western Netherlands since 5600 BP. - *Geol. Mijnbouw* 67: 53-61.
- Steenbeek, R., 1990: On the balance between wet and dry. Vegetation horizon development and prehistoric occupation; a palaeoecological-micromorphological study in the Dutch river area. -Ph. D. Thesis Free University Amsterdam. 267 pp.
- Ten Anscher, T., 1993: Ph. D. Thesis Universiteit van Amsterdam (in prep)
- Van der Meijden, R., Weeda, E.J., Adema, F.A.C.B. en G.J. de Joncheere, 1983: Heukels/Van der Meijden Flora van Nederland. -Wolters-Noordhoff, Groningen, 583 p.
- Van de Plassche, O., 1979: Sea-level research in tyhe Province of South-Holland, Netherlands. In: K. Suguio et al. (eds.): *Proc. 1978 Int. Symp. Coastal Evolution in the Quarternary* (Sao Paolo, Brazil), 534-551.
- Van de Plassche, O., 1982: Sea-level change and water-level movements in the Netherlands during the Holocene. -IGCP, project 61, Ph. D. Thesis Free University, Amsterdam. 148 pp. Also in: *Meded.Rijks Geol. Dienst*, 36-1, 93p.
- Van de Plassche, O. and Th. B. Roep, 1989: Sea-level changes in The Netherlands during the last 6500 years: basal peat vs. coastal barrier data- In: D.B.Scott (eds.): *Late Quaternary Sea-Level Correlation and Applications*, Reidel, Dordrecht, 41-56.
- Van der Plicht, J. and W.G. Mook, 1989: Calibration of radiocarbon ages by computer. -*Radiocarbon* 31, 805-816.
- Van der Valk, L., 1992: Mid- and Late-Holocene coastal evolution in the Beach-Barrier area of the western Netherlands. Ph.D. Thesis Free University, Amsterdam. 235 pp.
- Van der Wiel, A.M., 1982: a palaeoecological study of a section from the foot of the Hazendonk (Zuid-Holland, The Netherlands), based on analysis of pollen, spores and macroscopisch plant remains. - *Rev. Palaeobot. Palnol.* 38: 35-90.
- Van der Woude, J.D., 1981: Holocene paleoenvironmental evolution of a perimarine area. -Ph. D. Thesis, Free University Amsterdam, 112 p. Also in: *Analecta Praehistorica Leidensia* XVI, 1983.
- Van Dijk, G.J., Berendsen, H.J.A. and W. Roeleveld, 1991: Holocene water level development in The Netherlands' river area; implications for sea-level reconstruction. -*Geol. Mijnbouw* 70: 311-326.
- Van Geel, B., 1978: A Palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and The Netherlands. -*Rev. Palaeobot. Palnol.*, 25: 1-120.
- Van Geel, B., Hallewas, D.P. and J.P. Pals, 1983: A late Holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of Noord-Holland, The Netherlands): palaeoecological and archeological aspects. -*Rev. Palaeobot. Palnol.*, 38: 269-335.
- Van Loon, A.J., 1981: Problems of Holocene lithostratigraphy. In: A.J. van Loon (ed.): *Quaternary geology: A farewell to A.J. Wiggers*. -*Geol. Mijnbouw* 60: 353-361.
- Van Loon, A.J., 1985: Problems of lithostratigraphical classification of Holocene deposits in the primarien area of the Netherlands, comment. -*Geol. Mijnbouw* 60: 213-215.
- Van Loon, A.J. and A.J. Wiggers, 1975: Litho-, Bio- and chronostratigraphy of the Dutch "sloef" (Almere Member of the Groningen Formation). -*Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol.* 12: 3-24.
- Van Loon, A.J. and A.J. Wiggers, 1976: Abrasion as an agent for sandsupply in a Holocene lagoon (Almere and Zuiderzee Members, Groningen Formation) in the Netherlands. -*Sediment. Geol.* 15: 293-307.
- Van Loon, A.J. and A.J. Wiggers, 1977: The nagele Member of the Groningen Formation (Holocene, the Netherlands). -*Meded. Werkgroep Tert. Kwart. Geol.* 14: 103-123.
- Van Wirdum, G., 1991: Vegetation and hydrology of Floating rich-fens. -Ph. D. Thesis University of Amsterdam.

- Van Zweden, R.R. en A. Van der Giessen, 1988: Kwartair geologisch veldwerk Groningen-Noordoostpolder, deel II: De Holocene afzettingen ten nooroosten van Schokland (Kavel P14). -Intern rapport, Instituut voor Aardwetenschappen, Vrije Universiteit van Amsterdam
- Verbraeck, A. in cooperation, with H. Kok and M. van Meerkerk, 1974: The genesis and age of the riverdunes (donken) in the Alblasserwaard. -Meded. Rijks. Geolog. Dienst N.S. 25(1): 1-8.
- Visscher, J., 1949: Veenvorming. -Noorduijns's wetenschappelijke reeks nr 33.
- Von Post, L., 1925: Gotlands-agen (*Cladium mariscus* R.Br.) i Sveriges postarktikum. - Stockholm, Ymer, 45: 295-312.
- Weeda, E.J., Westra, R., Westra, Ch., en T. Westra, 1985: Nederlandse oecologische flora, Wilde planten en hun relaties 1. -Uitg. IVN, VARA en Vewin, Amsterdam. 304 pp.
- Weeda, E.J., Westra, R., Westra, Ch., en T. Westra, 1987: Nederlandse oecologische flora, Wilde planten en hun relaties 2. -Uitg. IVN, VARA en Vewin, Amsterdam. 304 pp.
- Weeda, E.J., Westra, R., Westra, Ch., en T. Westra, 1988: Nederlandse oecologische flora, Wilde planten en hun relaties 3. -Uitg. IVN, VARA en Vewin, Amsterdam. 302 pp.
- Weeda, E.J., Westra, R., Westra, Ch., en T. Westra, 1991: Nederlandse oecologische flora, Wilde planten en hun relaties 4. -Uitg. IVN, VARA en Vewin, Amsterdam. 304 pp.
- Westerhoff, W.E., De Mulder, E.F.J. en W. De Gans, 1987: Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland, Alkmaar West (19 W) and Alkmaar Oost (19 O). -Rijks Geologische Dienst.
- Westhoff, V., 1949: Landschap, Flora en Vegetatie van de Botshol nabij Abcoude. - Uitg. Stichting 'Commissie voor de Vecht en het O. en W. Plassengebied'. Baambrugge.
- Westhoff, V., Bakker, P.A., Van Leeuwen, C.G., en E.E. Van der Voo, 1971: Wilde planten, flora en vegetatie in onze natuurgebieden, deel 1: Algemene inleiding, duninen en zilte gronden. -Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten in Nederland, Amsterdam.
- Westhoff, V., Bakker, P.A., Van Leeuwen, C.G., en E.E. Van der Voo, 1971: Wilde planten, flora en vegetatie in onze natuurgebieden, deel 2: Het lage land. - Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten in Nederland, Amsterdam.
- Westhoff, V. en A.J. den Held, 1975: Plantengemeenschappen in Nederland. -2nd ed. Zutphen, 214 pp.
- Wiggers, A.J., 1955: De wording van het Noordoostpoldergebied. -Ph. D. Thesis Universiteit van Amsterdam.
- Witte, H.J.L. en B. Van Geel, 1985: Vegetational and environmental succession and net organic production between 4500 and 800 B.P. reconstructed from a peat deposit in the western Dutch coastal area (Assendelver polder).-Rev. Palaeobot. Palynol., 45: 239-300
- Zagwijn, W.H., 1973: Pollenanalytisch onderzoek van Calaisafzettingen in het gebied van de IJsselmeerpolders- Intern rapport Rijks Geologische Dienst, Rapport No. 605
- Zagwijn, W.H., 1986: Nederland in het Holoceen. Geologie van Nederland Deel 1 - Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 46 pp.
- Zonneveld, I.S., 1960: De Brabantse Biesbosch; een studie van bodem en vegetatie van een zoetwatergetijdedelta. -Ph. D. Thesis L.H. Wageningen en Bodemkundige Studies 4, Wageningen. 210 pp.

Dankwoord

Na lang zwoegen is dan toch eindelijk een einde gekomen aan dit onderzoek. Zonder de hulp van vele zou het waarschijnlijk nooit zover zijn gekomen. Altijd geïnteresseerd was Sjoerd Bohncke. Ondanks het feit dat hij zelf promoveerde in de afgelopen periode, vond hij altijd de ruimte om eindeloze discussies over de genese van de Noordoostpolder met mij aan te gaan. Dank gaat ook uit naar Theo Ten Anscher en Eli Gehasse, beide als promovendi verbonden aan het onderzoek en werkend aan het Instituut voor Pre- en Protohistorische Archaeologie. Theo, jouw enthousiasme heeft mij vaak net over een dood punt heen gehaald. Verder dank aan alle andere medewerkers, die mij geholpen en gestimuleerd hebben, van het Instituut voor Pre- en Protohistorische Archaeologie (met name Jan Albert Bakker, Jan Peter Pals) en van de Rijksdienst voor IJsselmeerpolders (Rein Koopstra en Gerda Lenselink). Voor vervelende klusjes heb ik mij verder altijd kunnen bedienen van de studenten Victor Siefkens, Jos van Rooijen en Geudo Mauro, die vele malen met mij het veld in zijn gegaan en twee paleobotanische secties hebben geanalyseerd. Verder gaat mijn dank natuurlijk uit naar mijn promotoren Wim Roeleveld en Waldo Zagwijn. Vooral Wim Roeleveld heeft heel wat theorieën van mij moeten aanhoren alvorens we tot een goed model voor het ontstaan van de Noordoostpolder zijn gekomen. Zijn geduld en goed gefundeerde voorzichtige kritiek hebben mij op het juiste spoor kunnen houden. Ook dank aan Willy Groenman-van Waateringe, die het document als referent nog één keer doorgelopen en beoordeeld heeft. De vele bakken koffie die ik tijdens het onderzoek nodig had werden mij verschaft door Roel, Peter en Martin van het grondlab, die niet alleen voor het voor mij verrichte werk worden bedankt maar ook voor de babbeluurtjes achter de koffietafel. Zeer belangrijk waren natuurlijk de steun en geduld van mijn vrienden en vriendinnen, die het woord Noordoostpolder niet meer kunnen luchten of zien. Volgens mij nemen ze sindsdien nooit meer de snelweg via Almere, Lelystad en de Noordoostpolder naar het noorden des lands, omdat ik ze teveel op geomorphologische aspecten heb gewezen van het landschap in de Flevopolders. Mogelijk zijn ze bang om te verdrinken in één of andere geul of om te stranden op een opduikend rivierduin. Ik neem echter aan dat ze beseffen dat de Flevopolders niet meer door water bedekt zijn.

Appendix A Palaeobotanische analyses

Inleiding

In deze appendix is de gedetailleerde beschrijving van de palaeobotanische zones opgenomen. De monsterdiepten van elke (sub)zone staat in cm beneden NAP naast de subzonenummering (zie § 3.4). Hier zijn ook de globale samenstelling en de geëxtrapoleerde ouderdom (zie § 3.5.3) van de subzones vermeld.

Studiegebied Urk

Zone D56-U1 (731-694 cm) (? - 5735 BP) Rietzeggeveen

Gedurende deze fase is het Pleistocene substraat verdrongen. De eerste veenvorming is begonnen met een relatief droog en gesloten *Elzenbroekbos* (D56-U1a). Hierop volgde een fase waarin het broekbos een opener karakter kreeg en tevens *Carex spec.* en *Betula spec.* bevatte (D56-U1b). Uiteindelijk verdween *Alnus* en ontstond een vegetatie van *Betula*, *Phragmites australis* en *Carex sect. Acutae* (D56-U1c). Het veen is in het laboratorium beschreven als *Riet-* en *Zeggerietveen*.

Subzone D56-U1a (731-724 cm) (? - ? BP) Elzenbroekbos

Deze subzone vertegenwoordigt de doorwortelde top van het Pleistoceen substraat. Het hoge aandeel *Alnus* pollen in het pollendiagram laat zien dat tijdens de vorming van deze subzone het aandeel *Alnus glutinosa* toenam in de bossen, die sinds de aanvang van het Holoceen op het Pleistocene substraat tot ontwikkeling zijn gekomen. In de topmonsters zijn behalve *Alnus glutinosa* resten ook resten van *Typha spec.* (volgens het pollendiagram *Typha latifolia*), *Eupatorium cannabinum*, *Juncus effusus* en *Carex spec.* gevonden. De *Betula* wortelresten (periderm) in deze subzone zijn (deels ?) mogelijk vanuit subzone D56-U1b deze subzone ingegroeid, omdat daar ook veel *Betula spec.* vruchten gevonden zijn. Contact met voedselarmere milieu's in de omgeving blijkt uit de *Sphagnum spec.* sporen en *Eriophorum* resten. Het ruderaal taxon *Eupatorium cannabinum* (*Filipendulion* 25Ab) is verder indicatief voor accumulatie van plantenafval en voor periodes met lage grondwaterstanden. *Typha latifolia* (*Phragmition*, 19Ba) groeit onder variërende condities en in milieu's waar oxidatie van organisch materiaal optreedt tijdens periodes met lage grondwaterstanden (Westhoff en Den Held, 1975). *Juncus effusus* is over het algemeen een pionier op verdrinkende zandige bodems met wisselende waterstanden (Westhoff en Den Held, 1975). Samenvattend vertegenwoordigt deze subzone het verdrinkend Pleistoceen substraat waarop uiteindelijk een veenvormende vegetatie tot ontwikkeling is gekomen, die behalve uit *Alnus glutinosa* (? *Carici elongatae-Alnetum*, 35Aa1) ook uit ruderaal kruiden en *Phragmition* soorten bestond.

Vegetatie typen: *Carici elongatae-Alnetum*, *Filipendulion*, *Phragmition*

Processen: Stijging van het grondwater en beginnende veenvorming

Subzone D56-U1b (724-714 cm) (? - 5930 BP) Elzen-Berkenbroekbos

In deze subzone wijzen de plantenresten van *Alnus glutinosa*, *Betula spec.* (vruchten, periderm en katjesschubben), *Thelypteris palustris* en *Carex spec.* op de doorgaande ontwikkeling van een broekbos. In het onderste deel van de subzone zijn eerst vooral resten van *Alnus glutinosa* en *Carex paniculata* gevonden samen met resten van *C. pseudocyperus*, terwijl naar de top toe vooral *Carex sect. Acutae* is aangetroffen. De combinatie van de genoemde taxa is bekend van *Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis* (35Aa1e) vegetaties, die tot ontwikkeling kunnen komen op relatief zuur en voedselarm substraat met stagnerend grondwater (Westhoff en Den Held, 1975). In de gehele subzone zijn verder resten van *Stratiotes aloides* (*Hydrocharito-Stratiotetum*, 5Bb1) en *Cladocera* gevonden, terwijl af en toe ook *Eriophorum vaginatum* epidermis aangetroffen is. Hoewel de ontwikkeling van een *Betula*-rijk *Elzenbroekbos* dus wijst op lage stagnerende grondwaterstanden, tonen de resten van *Stratiotes aloides* aan dat ook periodes van contact met open water zijn opgetreden. De *Betula* rijkdom en de lokale groei van *Eriophorum vaginatum* tonen verder aan dat de pH van het grondwater laag en de voedselrijkdom aan de mesotrofe kant was.

Vegitatietypen: *Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis*, *Phragmitetea*

Processen: Verzuring, stagnerende verticale grondwaterbewegingen, contact met open water

Subzone D56-U1c (714-694 cm) (5930-5735 BP) Berken-Phragmitetea vegetaties

Uit de diagrammen blijkt dat de veenvormende vegetatie tijdens deze fase voornamelijk uit *Phragmites australis*, *Carex sect. Acutae* en *Thelypteris palustris* heeft bestaan. De combinatie van *Phragmites australis* en *Thelypteris palustris* is karakteristiek voor *Thelypterido-Phragmitetum* (19Ba8) vegetaties, terwijl de meeste *Carex sect. Acutae* soorten (zie Berggren, 1969) *Magnocaricion* (19Ca) vegetaties vertegenwoordigen (*Carex acuta*, *C. aquatilis*, *C. elata*), maar deels ook karakteristiek zijn voor *Parvocaricetea* (27) vegetaties (*Carex nigra*, *C. trinervis*). Ook zijn resten van *Betula spec.* (zaden en katjesschubben), *Eriophorum*, *Osmunda regalis* en *Sphagnum spec.* gevonden, indicatief voor een *Betuletum pubescentis* (36Ab1) vegetatie. Het *Betuletum pubescentis* is karakteristiek voor verrijkte randen van echte hoogvenen en voor natte zure bodems met een dun laagje veen (Westhoff en Den Held, 1975). Mogelijk zijn deze taxa hier als een relict van het voormalig *Elzenbroekbos* te beschouwen (subzone D56-U1b) en dus als een *Alnus*-arm *Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis* vegetatie (35Aa1e). De ruderaal kruiden *Filipendula ulmaria* en *Lythrum salicaria* (*Filipendulion*, 25Ab), waarvan iets pollen is gevonden, wijzen op

accumulatie en afbraak van organische materiaal in de vegetatie. Verder is pollen en zijn veel zaden van *Nymphaea alba* (Potameto-Nupharetum, 5Ab2) en resten van *Cladocera* gevonden, beide indicatief voor natte condities en/of contact met open water. Omdat tevens enkele schimmel-vruchtlichamen gevonden zijn, moet worden aangenomen (voor zover ze niet ingespoeld zijn) dat ook droogvallende plaatsen in de vegetatie aanwezig waren. De vegetatie is het best te omschrijven als een mozaïek van *Betula* op de droogste delen in de vegetatie en *Phragmites/Carex* vegetaties in de nattere delen van de vegetatie, waar herhaaldelijk contact met diep open water optrad of open water aanwezig was. Het verdwijnen van *Alnus* uit de vegetatie kan niet worden verklaard door gemiddeld hogere waterniveau's aan te nemen of als gevolg van te lange periodes met hoge waterstanden, omdat *Betula* zich min of meer kon handhaven in de vegetatie. Het is waarschijnlijker dat een verzuring/verarming van het milieu *Betula* begunstigde ten opzichte van *Alnus*.

Vegetatietypen: Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis / Betuletum pubescentis, Thelypterido-Phragmitetum, Magnocaricion

Processen: Verzuring, successie, contact met open water

Zone D56-U2 (694-611 cm)(5735-4940 BP) *Cladium*-veen

Deze zone wordt gekarakteriseerd door de dominante aanwezigheid van *Cladium mariscus* resten in de macrorestenassemblages. Uit profiel D56 (Appendix C) blijkt dat er in dit traject van de veensequentie (laag NC-U2, zie § 2.2.3.2) een sterke laterale afwisseling is tussen *Cladium* veen en detritische venige afzettingen, wat geïnterpreteerd wordt als een mozaïek van dichtere en meer open en natte *Cladium*-vegetaties (zie § 2.2.3.2, laag NC-U2). Zone D56-U2 is onderverdeeld in 4 subzones. Als eerste is een *Cladocera*-rijke *Cladium* veenlaag onderscheiden (D56-U2a), gevolgd door een fase waarin tevens *Characeae* oösporen gevonden zijn (D56-U2b). Hierna breekt er een fase aan waarin *Thelypteris palustris* in de *Cladium*-rijke monster aangetroffen is (D56-U2c), terwijl vervolgens diverse bladmossen in het *Cladium*veen gevonden zijn (D56-U2d). Het veen is beschreven in het laboratorium als *Cladium* veen.

Subzone D56-U2a (694-658 cm) (5735-5390 BP) *Cladietum* met *Cladocera*

De vele resten van *Cladium mariscus* en de vele overblijfselen van *Cladocera* zijn karakteristiek voor deze subzone. Tevens zijn statoblasten van *Bryozoa* (*Lophopus cristalinus*) gevonden. In de onderste monsters zijn verder vruchten van *Typha* spec. en resten van *Phragmites australis* en *Thelypteris palustris* aanwezig. *Cladium* is een kentaxon van het *Cladietum marisci* (19Ca1) en is indicatief voor sterke verticale waterbewegingen, kalkrijke condities en is ook aangepast aan invloed van brak water als het milieu zuurstofrijk is (Westhoff, 1949). De *Bryozoa* en *Cladocera*, beide indicatief voor ondiep open water, kunnen periodes met lage waterstanden verdragen, hoewel echte aanwijzingen voor lage waterstanden niet zijn gevonden. De combinatie van *Phragmites australis* en *Thelypteris palustris* is bekend van Thelypterido-Phragmitetum vegetaties (19Ba8), terwijl *Typha* spec. in diverse Phragmitetum (19Ba) vegetaties aanwezig kan zijn. De combinatie van *Thelypteris palustris* en *Cladium mariscus* is ook bekend in vegetaties van het Cladietum marisci thelypteridetosum (19Ca1b), en is dan indicatief voor een initiële fase in matig eutrofe wateren van kleine afmetingen (Westhoff en Den Held, 1975).

Nog niet genoemd is de aanwezigheid van een kleilaag met een scherpe boven- en ondergrens in deze subzone (674-667 cm)(NC-U2[klap]). De laag bevat veel *Cladocera*, hoge percentages *Pediastrum*, *Tetradon* en *Potamogeton* spec., terwijl ook enige *Carex* wortelresten en zand (>240 µ) aangetroffen zijn. De klei is mooi gelaagd en vrij schoon, waardoor kan worden aangenomen dat de laag onder zeer rustige condities is afgezet. De botanische samenstelling van de laag komt sterk overeen met delen van het kleiig veen uit zone D56-U3. De scherpe begrenzing, de gelaagdheid en de overeenkomsten met zone D56-U3, bevestigen het vermoeden dat de kleilagen onder drijvende veenpakketten zijn afgezet, na de vorming van zone D56-U2. Dit fenomeen is beschreven in hoofdstuk 2 (NC-U2[klap]), zie § 2.2.3.2). Uit deze gegevens is tevens gebleken dat het drijven van de veenpakketten veroorzaakt is tijdens de vorming van een nieuwe geul in het studiegebied Urk. Tijdens stormvloed, gepaard aan zeer hoge waterstanden zijn de veenpakketten losgeraakt van hun deels detritische ondergrond, waardoor ze konden gaan drijven, terwijl tevens klei onder de veenpakketten kon worden afgezet.

Vegetatietypen: Cladietum mariscus, Thelypterido-Phragmitetum

Processen: Wisselende waterniveau's, kalkrijk, verhoogde pH, vernatting

Subzone D56-U2b (658-636 cm) (5390-5180 BP) *Cladium* met *Characeae*

Deze subzone wordt nog steeds gedomineerd door de resten van *Cladium mariscus* (Cladietum marisci, 19Ca1). Karakteristiek voor deze subzone is de sterke afname van het aantal *Cladocera* in combinatie met een sterke toename van het aantal *Characeae* oösporen. Deze ontwikkelingen wijzen op een duidelijke stijging van de gemiddelde waterdiepten op de monsterlocatie, wat wordt bevestigd door het *Nuphar lutea* (Potameto-Nupharetum, 5Ab2) pollen in de bovenste monsters. Omdat *Characeae* kalk nodig hebben voor de bouw van hun "skelet", is hun aanwezigheid ook indicatief voor kalkrijke condities. Verder zijn nog enkele resten van *Phragmites australis* en *Typha* spec. gevonden (Phragmitetum, 19Ba).

In deze subzone is verder nog een kleilaag met scherpe boven en ondergrenzen gevonden (641-639 cm) (zie ook subzone D56-U2a). De oligotrofe elementen in de kleilaag, met name de resten van *Sphagnum imbricatum* suggereren een andere ouderdom en herkomst dan de kleilaag uit subzone D56-U2a. Het is bekend dat *Sphagnum imbricatum* deel uit heeft gemaakt van het Subatlantisch jong mosveen in hoogveen complexen, die zich sterk uitbreidden tegen het eind van het Subboreaal (Overbeck, 1975). De sedimentatie van de kleilaag moet dan ook uit het einde van het Subboreaal of uit het Subatlanticum stammen en dus afgezet zijn, vanuit een actieve geul in de nabijheid, tijdens de vorming van de voormalige Zuiderzee (zie profiel

D56). Dit fenomeen is tegenwoordig bekend uit het gebied van de Jadebusen in Noord Duitsland. Hier ligt nog een klein stukje buitendijks hoogveen. Tijdens stormvloed raakt het hoogveen pakket los van diepere eutrofe veenlagen en gaat drijven. Onder het hoogveen wordt dan een dunne laag schone klei afgezet, beschreven als "Klappklei" (Overbeck, 1975).

Vegetatie typen: Cladietum marisci, Phragmition

Processen: Toenemende waterdiepten, kalkrijk

Subzone D56-U2c (636-616 cm) (5180 BP- 4990 BP) Cladium met varens en Characeae

Uit de macroresten diagrammen blijkt dat in deze subzone Thelypteris palustris deel ging uit maken van de nog steeds dominant aanwezige Cladium vegetatie. De combinatie van beide is indicatief voor Cladietum marisci thelypteridetosum vegetatie (19Ca1b), indicatief voor een initiële fase van successie in matig eutroof water van geringe afmetingen. Resten van Phragmites australis en Typha spec. zijn ook nog gevonden, indicatief voor Phragmition vegetaties (19Ba). Het pollen van Urtica spec., Rumex acetosa type en Lotus spec. (mogelijkerwijze Lotus uliginosus) en de vruchten van Epilobium hirsutum wijzen verder op de aanwezigheid van ruderaal kruiden (Molinietalia vegetaties, 25A) en daarmee op accumulatie en afbraak van organisch materiaal in de vegetatie (aanspoelgordels?). Het hoge percentage schimmelsporen in het pollendiagram wijst op droogvallend substraat, terwijl de vele Characeae oösporen en in mindere mate het aantal Cladocera wijzen op hoge waterstanden en kalkrijke condities. De combinatie van indicatoren voor droge en natte condities kan worden verklaard door sterke wisselingen in de waterstand aan te nemen. Ook kan een sterk mozaïekachtige vegetatiestructuur met droge zowel als natte plekken verantwoordelijk zijn voor deze combinatie. Gezien profiel D56, waaruit blijkt dat inderdaad natte plekken met sedimentatie van detritische afzettingen voorkwamen naast plekken met Cladiumveen, is een mozaïekachtige vegetatiestructuur de meest waarschijnlijke verklaring. Verder zijn veel verkoolde plantenresten gevonden (628-629 cm). De branden die dit hebben veroorzaakt zullen zich in hoofdzaak in relatief droge milieus hebben afgespeeld. Het is verder bekend dat Cladium mariscus vrij brandresistent is en dat door regelmatig afbranden van de vegetatie Phragmites australis uit vegetaties verdreven kan worden (Conway, 1942).

Vegetatietypes: Cladietum marisci thelypteridetosum, Phragmition, Molinietalia

Processen: daling relatieve gemiddelde waterstand, sterk wisselende waterstanden, overigens nog steeds zeer nat milieu

Subzone D56-U2d (616-611 cm) (4990-4900 BP) Cladietum met bladmossen en Characeae

Deze subzone is gebaseerd op de resten van Cladium mariscus, bladmossen, Phragmites australis en Menyanthes trifoliata. Omdat de conservering van de veenlaag zo extreem goed is, zal de grondwaterstand permanent boven het venig oppervlak hebben gelegen. Dit wordt bevestigd door de afnemende schimmelresten, de grote hoeveelheden Characeae oösporen en de aanwezigheid van Menyanthes trifoliata in de veenmonsters. De combinatie van Cladium mariscus, bladmossen, Thelypteris palustris en Menyanthes trifoliata is karakteristiek voor Cladietum marisci thelypteridetosum/scorpidietosum vegetaties (19Ca1 b/c) en is indicatief voor successie in de richting van Scorpidio-Caricetum diandrae (27Ba1) vegetaties. Deze trilveenvegetaties ontstaan door successie uit Cladium vegetaties onder kalkrijke condities (Westhoff en Den Held, 1975). Het milieu in zulke trilvenen is vrij constant, waardoor goede condities voor de conservering van venig materiaal optreden. De vele Characeae oösporen bevestigen verder de kalkrijke condities die ook uit de dominante aanwezigheid van Cladium mariscus blijkt.

Vegetatietype: Cladietum marisci thelypteridetosum/scorpidietosum

Processen: Stabiele grondwaterstand, successie en ontwikkeling van trilvenen, verlanding

Zone D56-U3 (611 - 546 cm)(4900-4425 BP) Riet-veen

Deze zone is gedefinieerd door de epidermisresten, vruchten en septen van Phragmites australis en zaden van Juncus subnodulosus en Lythrum salicaria, die continu gevonden zijn. Vruchten en nootjes van Typha spec., Lycopus europaeus en Carex sect. Acutae zijn tevens voortdurend gevonden samen met varensporangia. Het pollenspectrum laat maximale waarden zien voor monoleet-psilate sporen en pollen van het Phragmites-type. Verder is klei met en zonder Foraminiferae in het veen van deze zone gesedimenteerd, onder invloed van inundaties met marien water. In aanvang was ook Cladium mariscus nog aanwezig gevolgd door Sphagnum (subzone D56-U3a). Later waren vooral Phragmites en Thelypteris palustris dominant in de vegetatie (D56-U3b). In subzone D56-U3c verdween Thelypteris en zijn vooral Phragmites en Carex sect. Acutae resten gevonden. Met de terugkeer Thelypteris in de vegetatie nemen ook de hoeveelheid ruderaal kruiden toe in de vegetatie (D56-U3d), gevolgd door een fase waarin tevens enige verzuring van het milieu optreedt (D56-U3e). Het veen is beschreven als Rietveen in het laboratorium.

Subzone D56-U3a (611-603 cm) (4900-4875 BP) Phragmites met Thelypteris

Blijkens de macroresten is tijdens de vorming van deze subzone een vegetatie van Carex spec., Phragmites australis en varens aanwezig geweest op de monsterlokatie. De vele varensporangia zijn deels afkomstig van Thelypteris palustris. De combinatie van Phragmites australis en Thelypteris palustris is bekend uit Thelypterido-Phragmitetum (19Ba8) vegetaties. Cladium mariscus (Cladietum marisci, 19Ca1) is ook nog steeds vertegenwoordigd in de macroresten. Het pollen- en sporendiagram bevestigt niet alleen de vertegenwoordiging van deze taxa, maar laat tevens zien dat Chenopodiaceae, tubuliflorae Asteraceae, Rumex spec., Menyanthes trifoliata en Nymphaea alba op of nabij de monsterlokatie groeiden. Tevens neemt het percentage Pediastrum en Sphagnum sporen toe. De Foraminiferae (ééntje in tussen 608 en 609 cm) en deels ook het Chenopodiaceae pollen uit deze subzone wijzen op invloed van brak marien water, hoewel geen klei

is waargenomen. De resten van *Menyanthes trifoliata*, *Pediastrum* en *Nymphaea alba* (Potameto-Nupharetum, 5Ab2) suggereren tevens aanwezigheid van of contact met zoet open water. De continu toenemende percentages *Pediastrum* en naar de top toe continu afnemende hoeveelheid resten van varens, suggereren een geleidelijke vernatting van de vegetatie naar de top van de subzone toe, omdat *Pediastrum* indicatief is voor ondiep helder open water. Na de inundaties met brak water, kan *Sphagnum*, blijkens de curve, zich in *Phragmites* vegetaties vestigen. *Sphagnum* kan zich in een relatief vroeg stadium van successie vestigen in dergelijke vegetaties (Westhoff et al, 1971 deel 2 pag 119). Het verdwijnen van *Cladium* in de volgende subzones zou daarom wel eens samen kunnen hangen met de verzuring van het milieu.

Vegetatie types: Thelypterido-Phragmitetum, Cladietum marisci

Processen: Inundaties, wisselende waterstanden, vernatting

Subzone D56-U3b (603-581) (4875-4700 BP) *Phragmites*, *Thelypteris* en klei

Blijkens het macrorestendiagram bestaat de veenvormende vegetatie in deze subzone uit *Carex sect. Acutae*, *Phragmites australis*, *Typha spec.*, varens (deels *Thelypteris palustris*), *Juncus subnodulosus*, *Menyanthes trifoliata*, *Lythrum salicaria* en *Lycopus europaeus*. In de pollenmonsters is pollen van *Typha latifolia*, *Menyanthes trifoliata*, *Nymphaea alba* en *Potamogeton Eupotamogeton*-type gevonden. Verder zijn relatief hoge percentages *Pediastrum* gevonden, samen met monoleet-psilate sporen, deels van *Thelypteris palustris*, sporen van *Sphagnum spec.* en *Equisetum spec.* en *Tilletia sphagni*. Hoewel klei in het veen uit deze subzone tijdens het monstereen in het laboratorium is waargenomen, zijn geen *Foraminiferae* gevonden. De aanwezigheid van *Menyanthes trifoliata*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton eupotamogeton* type en *Pediastrum* is indicatief voor ondiep tot diep open, zoetwater op of nabij de monsterlokatie terwijl de aanwezigheid van klei ook op invloed van marien water wijst. Omdat *Pediastrum* genoeg licht nodig heeft voor zijn groei, zal het water overwegend vrij helder en dus zonder veel in suspensie verkerende klei zijn geweest. De combinatie van *Phragmites australis*, *Juncus subnodulosus* en *Thelypteris palustris* is karakteristiek voor Thelypterido-Phragmitetum vegetaties (19Ba8) en is indicatief voor grondwaterstanden op of net boven het venig substraat. *Menyanthes trifoliata* is een taxon, dat vaak optreedt tijdens de successie van naar Thelypterido-Phragmitetum naar Pallavicinio-Sphagnetum vegetaties (Westhoff et al., 1971 deel 2). De *Potamogeton* en *Nymphaea alba* resten zijn afkomstig van het Potameto-Nupharetum (5Ab2), een open water vegetatie, en zullen tijdens periodes met hoge waterstanden de vegetatie zijn ingespoeld. *Lythrum salicaria* is een kentaxon van het Filipendulion (25Ab) en *Lycopus europaeus* van het Phragmitetea (19). De *Equisetum* sporen kunnen verscheidene soorten vertegenwoordigen. *Equisetum palustre* is een kentaxon van Molinietalia vegetaties (25A), terwijl bijvoorbeeld *E. fluviale* een kentaxon is van Phragmitetea (19) vegetaties. Uit een studie in de Noord Duitse kustvlakte is trouwens gebleken dat vaak een vermenging van Filipendulion en Phragmitetea vegetaties is opgetreden in kustmilieu's in het verleden (Menke, 1968; zie ook inleiding van dit hoofdstuk).

Vegetatie type: Thelypterido-Phragmitetum

Processen: Inundaties, sterke verticale waterbewegingen,

Subzone D56-U3c (581-571 cm)(4700-4625 BP) *Phragmites*, ruderaal kruiden en klei

De meeste taxa, die in de vorige subzone aanwezig waren, zijn nog steeds aanwezig in deze subzone. Met name resten van *Phragmites australis* zijn sterk vertegenwoordigd. Tevens zijn zaden, vruchten en nootjes van *Eupatorium cannabinum*, *Typha spec.*, *Carex sect. Acutae* en *Lythrum salicaria* aangetroffen, terwijl de pollen- en sporenanalyse wijst op de aanwezigheid van *Umbelliferae*, *Gramineae* (60%), *Sphagnum spec.*, *Galium spec.*, *Filipendula spec.*, *Urtica spec.*, *Lamiaceae* type, *Lotus spec.* (30% !), *Sparganium spec.* (20% !) en *Nymphaea alba* op of nabij de monsterlokatie. Verder zijn *Foraminiferae* in alle monsters gevonden samen met klei, verbrande plantenresten en enkele schimmel-vruchtlichamen. De hoeveelheid varenresten (sporen en sporangia), met name van *Thelypteris palustris*, is in deze subzone laag. De ruderaal soorten *Filipendula ulmaria*, *Eupatorium cannabinum*, *Lythrum salicaria* (Filipendulion vegetaties, 25Ab), *Lotus* (*Lotus cf. uliginosus*, *Calthion palustris* vegetaties, 25Aa) en *Urtica spec.* zijn indicatief voor ophoping en afbraak van organisch materiaal in de vegetatie, en zij groeien waar autochtoon en allochtoon materiaal bijeen wordt gespoeld (Westhoff en Den Held, 1975). *Phragmites australis*, *Typha spec.*, *Sparganium spec.* en *Carex sect. Acutae* zijn kentaxa van Phragmition (19Ba) en Magnocaricion (19Ca) vegetaties, die in het algemeen karakteristiek zijn voor lokaties met gemiddelde waterstanden boven het venig substraat (Westhoff en Den Held, 1975). De ruderaal soorten in de vegetatie in combinatie met de schimmel-vruchtlichamen wijzen op droogvallend substraat, terwijl het *Nymphaea* pollen periodes met hoge waterstand suggereert (Potameto-Nupharetum, 5Ab2). De continue aanwezigheid van klei en *Foraminiferae* in de monsters laat verder zien dat regelmatig contact met marien water heeft plaatsgevonden. Omdat de meeste taxa slecht korte periodes licht brak water kunnen verdragen, moeten overwegend zoete condities worden aangenomen. Omdat de taxa die gevonden zijn, indicatief zijn voor droge zowel als natte en voor zoete zowel als brakke condities is het waarschijnlijk dat de grondwaterstand op de monsterlokatie sterk fluctueerde, waarbij regelmatig contact met mariene milieu's optrad. Mogelijk zijn deze regelmatige waterstandsfluctuaties ook debet geweest aan de afname van *Pediastrum*, omdat *Pediastrum* ondiep helder, en dus kleivrij, water nodig heeft voor de fotosynthese. Het binnendringen van ruderaal soorten in Thelypterido-Phragmitetum vegetaties is op zich een normale gebeurtenis bij successie naar Pallavicinio-Sphagnetum vegetaties als de opslag van *Alnus* en *Salix* wordt verhinderd en accumulatie van organisch materiaal zich doorzet, waardoor delen van de vegetatie periodiek droog liggen (Westhoff et al., 1971 deel 2; Westhoff en Den Held, 1975). Meestal zijn de eerste indicatoren voor de verzuring van het milieu, die met deze successie gepaard gaan, dan al waarneembaar in de vegetatie-samenstelling (zie subzone D56-U3b). Verdere verzuring

van de vegetatie is in deze subzone kennelijk verhinderd door de voortdurende aanvoer van voedsel- en kalkrijk water uit het kustgebied en grote verticale waterbewegingen. Ruderaal kruiden komen met name voor op bijeen gespoeld organisch materiaal en profiteren daarom gemakkelijk van de grotere dynamiek in het milieu ten gevolge van sterke verticale waterbewegingen.

Vegetatie types: Phragmition, Magnocaricion, Filipendulion, Calthion palustris

Processen: toenemende verticale waterbewegingen en contact met marien water, verrijking

Zone D56-U3d (571-561 cm)(4625-4545 BP) *Phragmites*, *Thelypteris*, ruigtekruiden

Uit het macroresten diagram blijkt dat in deze fase een vegetatie is ontstaan van *Phragmites australis*, *Typha spec.*, *Carex sect. Acutae*, *C. pseudocyperus*, *Juncus subnodulosus* en veel varens (deels *Thelypteris palustris*). Ook zijn veel verbrande plantenresten (tot 5 vol %), enkele *Foraminiferae* en zaden en vruchten van *Lycopus europaeus*, *Lythrum salicaria* en *Lychnis flos-cuculi* gevonden. Het pollendiagram laat zien dat *Sparganium spec.* (30% !), *Typha angustifolia*, *Umbelliferae*, *Galium spec.*, *Rumex obtusifolia* type en *Lotus spec.* (*Lotus cf. uliginosus*) op of nabij de monsterlocatie groeiden. De combinatie van *Thelypteris palustris*, *Juncus subnodulosus* en *Phragmites australis* is kenmerkend voor Thelypterido-Phragmitetum (19Ba8) vegetaties. De ruderaal kruiden *Lychnis flos-cuculi*, *Lotus uliginosus*, *Lycopus europaeus* en *Lythrum salicaria* zijn karakteristiek voor Calthion palustris (25Aa) en Filipendulion (25Ab) vegetaties en zijn een normale verschijning tijdens doorgaande successie in Thelypterido-Phragmitetum vegetaties als opslag van bomen wordt verhinderd. De opslag van bomen kan zijn verhinderd door de vele branden die zich blijkens het hoge volume percentage verbrande plantenresten hebben afgespeeld. De vegetatie in deze subzone lijkt veel op die uit de vorige subzone. De belangrijkste nieuwe ontwikkelingen zijn de uitbreiding van varens (deels *Thelypteris palustris*) en de afname van indicatoren voor contact met marien water. Kennelijk zijn de verticale waterbewegingen sterk afgenomen of vonden minder vaak plaats.

Vegetatie types: Thelypterido-Phragmitetum, Filipendulion, Calthion palustris

Processen: Successie, afnemende verticale waterbewegingen, verrijking

Subzone D56-U3e (561-546 cm) (4545-4425 BP) *Phragmites*, *Thelypteris*, ruigtekruiden

De vele resten van *Phragmites australis*, *Thelypteris palustris* en *Juncus subnodulosus* laten zien dat in deze subzone nog steeds een Thelypterido-Phragmitetum vegetatie op de monsterlocatie aanwezig is gebleven. Uit de pollen- en macrorestendiagrammen blijkt dat ook ruderaal soorten (*Lythrum salicaria*, *Lycopus europaeus*, *Lotus spec.*, *Lathyrus palustris* en *Urtica urens*) voortdurend aanwezig zijn geweest in de vegetatie samen met *Carex sect. Acutae*, *C. pseudocyperus* en *Typha angustifolia* (Phragmition, 19Ba; Magnocaricion, 19Ca). Het optreden van ruderaal kruiden (Calthion palustris, 25 Aa; Filipendulion, 25Ab) in een Thelypterido-Phragmitetum (19Ba8) is een normale gebeurtenis tijdens successie naar meer terrestrische vegetaties (zie ook subzone D56-U3d) en is indicatief voor accumulatie van plantaardig materiaal en droogvallend weinig substraat. Opslag van *Alnus* en *Salix* kan zijn verhinderd doordat de vegetatie regelmatig afbrandde, gezien de vele verbrande plantenresten en houtskool in de macroresten-monsters. Nieuw in deze subzone zijn vele mossen, enkele percentages bladmosresten, één vrucht van *Hydrocotyle vulgaris*, nootjes van *Cladium mariscus*, enkele procenten *Potentilla* pollentype, *Myrica gale* pollen, *Ericaceae* pollen en wortelresten en de sporen en blaadjes van *Sphagnum spec.*, terwijl de indicatoren voor contact met mariene milieu's verdwenen zijn uit de monsters. De resten van *Hydrocotyle vulgaris*, *Potentilla (palustris ?)* en diverse mossen wijzen op de ontwikkeling van Parvocaricetea vegetaties (27) en zijn dan indicatief voor mesotroof tot matig eutroof, nitraat arm, licht zuur tot basisch, en soms kalkrijk stagnerend grondwater (Westhoff en Den Held, 1975). De aanwezigheid van oligotrofe elementen (*Myrica gale*, *Sphagnum spec.* en *Ericaceae*) is normaal in Parvocaricetea vegetaties tijdens successie naar voedselarme hoogveen vegetaties en wijst op toenemende isolatie ten opzichte van voedselrijk grondwater. Bij doorgaande accumulatie van organisch materiaal, verzuring en toenemende isolatie ten opzichte van voedselrijk grondwater ontwikkelt zich uit een Thelypterido-Phragmitetum normaliter een vegetatie met *Phragmites australis*, *Dryopteris spec.*, *Osmunda regalis*, *Sphagnum recurvum ssp. recurvum* en *Pallavicinio-lyellii* (Westhoff en Den Held, 1975). Deze vegetatie is bekend als Pallavicinio-Sphagnetum (27Aa4) en is een associatie uit het verbond Caricion curto-nigrae (27Aa), die op zijn beurt weer is ondergebracht in de Parvocaricetea vegetaties (27). Kenmerkend voor Caricion curto-nigrae vegetaties zijn diverse *Sphagnum* en *Carex* soorten, waaronder *Carex nigra*, die in de determinatie sleutel (Berggren, 1969) deel uit maakt van de groep *Carex sect. Acutae*. Hoewel het dus niet goed uit te maken is welke Parvocaricetea vegetaties precies ontstaan in het Thelypterido-Phragmitetum is de aanwezigheid van Parvocaricetea elementen wel indicatief voor doorgaande successie en isolatie ten opzichte van rijk grondwater. Dit zal samenhangen met de afgenomen mariene invloed op de vegetatie. De enkele *Cladium mariscus* nootjes, die in de bovenste monster gevonden zijn, gaan vooraf aan een dominerende rol die *Cladium* in de volgende zone gaat spelen. Omdat *Cladium* optimaal ontwikkeld in kalkrijke milieu's, is het niet uitgesloten dat de ontwikkeling van een Pallavicinio-Sphagnetum, die met een duidelijke verzuring van het milieu gepaard gaat, zich niet goed heeft kunnen doorzetten in de volgende zone door een toename van de kalkrijkdom tegen het einde van de vorming van zone D56-U3.

Vegetatie types: Thelypterido-Phragmitetum, Filipendulion, Calthion palustris, Parvocaricetea

Processen: Successie, stabiele grondwaterstanden

Zone D56-U4 (546-511 cm) (4425-4055 BP) *Cladium* met *Thelypteris*

Deze zone is gebaseerd op de dominante aanwezigheid van *Cladium mariscus* resten en varensproangia in de macrorestenmonsters. De zone is onderverdeeld in twee subzones, waarbij subzone D56-

U4a (335-322 cm) wordt gekarakteriseerd door elementen die indicatief zijn voor enige mariene invloed op de vegetatie, terwijl subzone D56-U4b juist gebaseerd is op het verdwijnen van die elementen.

Subzone D56-U4a (546-533) cm (4425-4300 BP) *Cladium* met *Thelypteris*

In deze subzone wijzen de vele macroresten en het pollen van *Cladium mariscus* op de ontwikkeling van *Cladietum marisci* vegetaties (19Ca1). Afgaande op de pollen-, sporen- en macrorestendiagrammen hebben *Thelypteris palustris*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *Phragmites australis*, *Lotus* spec. en *Carex pseudocyperus* ook deel uit gemaakt van de vegetatie. Tevens is pollen van *Artemisia* spec. en *Chenopodiaceae* aangetroffen. Verder zijn relatief veel verbrande plantenresten gevonden, samen met één *Foraminifeer* (533-534 cm) en enkele schimmel-vruchtlichamen. De successie naar verzuurde en verarmde *Parvocaricetea* vegetaties, die zich in subzone D56-U3e openbaarde, is in deze subzone geëindigd. Hoewel *Cladium* ook goed is aangepast aan het regelmatig afbranden van de vegetatie (Conway, 1942) en sterke verticale waterbewegingen (Westhoff en Den Held, 1975), kunnen de dominantie van *Cladium* en het verdwijnen van indicatoren voor verzuring en verarming ook worden verklaard door aan te nemen dat het milieu nogal kalkrijk en basisch is geworden. Mogelijk vormt een vergrootte mariene invloed op het grondwater de bron voor deze hernieuwde kalkrijkdom, gezien de *Foraminifeer* en ook de resten van *Artemisia* en *Chenopodiaceae* die gevonden zijn. Omdat indicatoren voor droge (schimmel-vruchtlichamen) condities rijker vertegenwoordigd zijn dan de indicatoren voor natte condities, is het waarschijnlijk dat relatief korte periodes met hoge waterstanden (springvloed, stormvloed) en vergroot contact met mariene milieu's zich afwisselden met periodes met lagere waterstanden. De gemiddelde waterdiepte zal dus niet zijn toe genomen ten opzichte van subzone D56-U3e, omdat nog steeds relatief droge condities overheersten.

Vegetatie type: *Cladietum marisci thelypteridetosum*

Processen: Toenemende kalkrijkdom, onderbroken successie, inundaties met licht brak water

Subzone D56-U4b (533-511 cm) (4300-4055 BP) *Cladium* met *Thelypteris*

Hoewel nog steeds veel *Cladium mariscus* resten, redelijk veel *Thelypteris palustris* en varen resten, iets *Phragmites* epidermis en één *Carex pseudocyperus* nootje zijn gevonden, zijn de overige taxa, die in subzone D56-U4a nog aangetroffen zijn, in subzone D56-U4b verdwenen uit de monsters. Wel is een laag percentage *Osmunda regalis* sporen gevonden. Indicatoren voor mariene invloed op de vegetatie zijn niet meer gevonden. De vegetatie is het best als een *Cladietum marisci thelypteridetosum* (19Ca1b) te omschrijven. De *Osmunda* sporen kunnen indicatief zijn voor *Pallavicinio-Sphagnetum* (27Aa4) of *Betuletum pubescentis* (36Ab1) vegetaties op of nabij de monsterlokatie en laten zien dat zich opnieuw enige beginnende successie afspeelt in de richting van voedselarmere vegetatietypen, die tevens karakteristiek zijn voor een zuurder milieu. Met het afnemen van de mariene invloed, eindigt ook de verrijking van de vegetatie met CaCO_3 en kan de verzuring en verarming van het milieu weer aanvangen.

Vegetatie type: *Cladietum marisci thelypteridetosum*

Processen: Successie, verarming

Zone D56-U5 (511-454 cm) (4055-3635 BP) Oligotrofe vegetaties

De micro- en macroresten uit zone D56-U5 vertegenwoordigen de ontwikkeling van hoogveenvegetaties. In aanvang onstond een *Betula*-rijke vegetatie (D56-U5a) waarin na verloop van tijd ook *Myrica gale* verscheen (D56-U5b). Vervolgens onstond een *Sphagnum* veen (D56-U5c/D56-U5e) kortstondig onderbroken door een *Eriophorum vaginatum*-rijke laag (D56-U5d). De top van zone D56-U5 bevat vooral *Ericaceae* resten en is rijk aan sklerotia van *Cenococcum geophilum* (D56-U5f). Het veen is beschreven als heide en *Sphagnum*veen in het laboratorium.

Subzone D56-U5a (511-507 cm) (4055-4010 BP) *Betula* vegetaties

De macroresten-monsters uit deze subzone bestaan uit een mengsel van vele *Cladocera*, sklerotia van *Cenococcum geophilum*, varensporangia en *Betula* spec. vruchten. Het voorkomen van indicatoren voor zeer droge zowel als voor langdurig natte condities kan ten grondslag hebben gelegen aan verticale grondwaterbewegingen of aan een mozaïekachtige vegetatie structuur met zowel natte als droge plekken. De aanwezigheid van *Cladocera*, die droge periodes in de zomer als cyste kunnen overleven, en de afwezigheid van andere indicatoren voor ondiep open water maken het aannemelijk dat wisselende waterstanden de combinatie van taxa heeft veroorzaakt. Er is weliswaar iets *Nymphaea* pollen gevonden, maar die zijn indicatief voor waterstanden, die de groei van *Betula* onmogelijk maken, en zullen dus wel zijn ingespoeld vanuit de omgeving tijdens periodes met hoge waterstand. Omdat een *Betula*-rijke vegetatie (*Betuletum pubescentis*, 36 Ab1) ontstaat, die karakteristiek is voor verrijkte randen van echte hoogvenen en successie naar oligotrofe vegetaties (Westhoff en Den Held, 1975), is de stijging van de grondwaterstand achter gebleven bij de netto accumulatie van weinig materiaal, waardoor isolatie ten opzichte van rijk grondwater heeft kunnen optreden.

Vegetatie type: *Betuletum pubescentis*

Processen: Successie, isolatie, verarming, verzuring, verticaal wisselende waterstanden

Subzone D56-U5b (507-491 cm) *Betula-Myrica* vegetaties (4010-3895)

In deze subzone zijn macroresten van *Myrica gale*, *Lychnis flos-cuculi*, *Hydrocotyle vulgaris* en *Betula* spec. gevonden. Het pollendiagram laat ook een sterke toename van de pollenpercentages van *Myrica* en *Betula* zien. De combinatie van *Betula pubescens* en *Myrica gale* is karakteristiek voor doorgaande successie naar volgroeide *Betuletum pubescentis* (36Ab1) vegetaties, tijdens doorgaande isolatie ten opzichte

van rijk grondwater. De zaden en vruchten van *Lychnis flos-cuculi* en *Hydrocotyle vulgaris* kunnen ook indicatief zijn voor een verschuiving naar voedselarmere condities (Weeda et al, 1985, 1987). De afname van *Cenococcum geophilum* en *Cladocera* zou kunnen worden verklaard door stagnerende waterstanden net op en onder het venig substraat aan te nemen. Voortdurende accumulatie van venig materiaal en isolatie ten opzichte van rijk grond- en oppervlaktewater hebben dus geleid tot een verarming van het milieu.

Vegetatie type: *Betuletum pubescentis*

Processen: Successie, afnemende verticale waterniveau fluctuaties

Subzone D56-U5c (491-475 cm)(3895-3785 BP) *Sphagnum* veen

De veenvormende vegetatie in deze subzone bestaat met name uit *Sphagnum* soorten en *Erica tetralix*, terwijl de resten van *Betula spec.* en *Myrica gale* in aantal zijn afgenomen. Dit wijst op een doorgaande verzuring en verarming van het milieu en successie naar echte *Sphagnum* hoogvenen. Verder is één *Menyanthes trifoliata* zaad samen met een *Urtica urens* nootje gevonden tussen 482 en 483 cm en enkele *Foraminiferae* en *Chenopodiaceae* zaden tussen 480 en 481 cm. Een laag aantal sklerotia van *Cenococcum geophilum* wijzen op periodes met lage waterstanden. De indicatoren voor mariene invloed tussen 480 en 481 cm zouden kunnen wijzen op een korte inundatie van de vegetatie. Uit het pollendiagram blijkt echter dat het monster tussen 480 en 481 cm duidelijk afwijkt van de overige monsters uit subzone D56-U5c. Daarenboven zijn diverse taxa gevonden, zoals *Vaccinium*, *Calluna*, *Cyperaceae*, *Chenopodiaceae*, *Pediastrum*, *Tetraodon* en *Triglochin*, die ook in ongeveer dezelfde verhoudingen in zone D56-U6 gevonden zijn. Eén van de verklaringen hiervoor zou kunnen zijn dat bij het begin van de eerste inundaties tijdens de vorming van zone D56-U6 (zie verderop) een deel van het eerder onstane veen is opgelicht waardoor *Foraminiferae* houdend water, deels dus van mariene herkomst, onder het veen kon doordringen. Omdat tijdens de veldwerken voor dit fenomeen geen aanwijzingen zijn gevonden in deze fase lijkt dit mechanisme niet waarschijnlijk. Dan zijn echte inundaties van de *Sphagnum* vegetatie met water van mariene herkomst dus aannemelijk. De overeenkomsten met zone D56-U6 berusten dan op overeenkomsten in de samenstelling van het inunderende water. Het is verder wel opvallend dat in de volgende subzone een duidelijke verdroging optreedt, die het gevolg zijn van sterk wisselende waterstanden in vegetatie (zie subzone D56-U5d).

Processen: Isolatie, successie

Subzone D56-U5d (475-471 cm)(3785-3755 BP) *Eriophorum vaginatum* veen

In deze subzone domineren de resten van *Eriophorum vaginatum* de macroresten monsters. Tevens zijn betrekkelijk veel sklerotia van *Cenococcum geophilum* gevonden. *Eriophorum vaginatum* is een soort van vochtige tot droge bultvegetaties in echte hoogvenen en is indicatief voor sterk wisselende vochtcondities (Westhoff en Den Held, 1975). Resten van *Betula* en *Myrica gale* zijn inmiddels niet meer aangetroffen terwijl *Sphagnum spec.* en *Ericaceae* resten hoogstens in lage aantallen gevonden zijn. Volgend op de inundaties, ontstaat dus een relatief droge vegetatie met een wisselende waterstand. Kennelijk hebben de inundaties vanuit de geul (zie profiel D56), die slechts 500 m noordelijk van de monsterlokatie actief was, ook tot een iets betere afwatering naar de geul geleid. Toegenomen getijde amplitudes in de geul zouden de grondwaterstand en de afwatering van het hoogveencomplex rond de monsterlokatie hebben kunnen beïnvloeden.

Processen: Verdroging, verticale waterstands fluctuaties

Subzone D56-U5e (471-458 cm)(3755 -3665 BP) *Sphagnum* veen

De snelle verandering in deze subzone naar een vegetatie die puur uit *Sphagnum* bestaat en redelijk goed geconserveerd is, is indicatief voor een toenemende vernatting van de vegetatie in oligotrofe milieu's. Het verdwijnen van *Cenococcum geophilum* resten bevestigt deze ontwikkeling. De verbeterde afwatering lijkt dus geïndigd.

Processen: Vernatting

Subzone D56-U5f (458-454 cm)(3665 -3635 BP) *Erica-Calluna* veen

In deze subzone bestaan de macroresten monsters voornamelijk uit *Erica tetralix* en *Calluna vulgaris* resten samen met zeer veel sklerotia van *Cenococcum geophilum*. Dit wijst opnieuw op een aanzienlijke verdroging van de vegetatie onder voortdurend oligotrofe condities. Omdat nu *Erica* en *Calluna* de belangrijkste veenvormers zijn in plaats van *Eriophorum vaginatum* is dit niet te wijten aan sterk wisselende waterstanden. Als een veranderde afwatering naar de geul geen rol van betekenis heeft gespeeld, moet deze verdroging aan een afname van de hoeveelheid effectieve neerslag in het gebied worden geweten. Een verbeterde afwatering van het gebied zou alleen zijn opgetreden als de grondwaterspiegel is aangetapt door bijvoorbeeld een verbreding of reactivering van de nabijgelegen geul. Het zal blijken in de volgende zone dat de laatste mogelijkheid de meest waarschijnlijke is geweest, omdat in zone D56-U6 duidelijk sprake is van mariene invloed op de vegetatie.

Processen: Verdroging

Zone D56-U6 (454-430 cm) (3635-3400 BP) *Phragmites* veen

In deze zone vindt een overgang plaats naar vegetaties die primair uit *Phragmites australis* heeft bestaan. In de basis van de zone zijn zeer veel indicatoren voor contact met mariene milieu's gevonden (D56-U6a) gevolgd door een fase waarin de mariene invloed snel afnam en opnieuw een verzuring en verarming van het milieu aanving (D56-U6b).

Subzone D56-U6a (454-443 cm) (3635-3560 BP) Geïnundeerd *Phragmites* vegetaties

Deze subzone wordt gekenmerkt door grote hoeveelheden *Phragmites australis* resten in de monsters. Tevens zijn vruchten van de ruderaal kruiden *Eupatorium cannabinum* (Westhoff en Den Held, 1975) en *Urtica urens* (Weeda et al., 1985) gevonden, beide indicatief voor aanspoelgordels, de accumulatie en afbraak van organisch materiaal, nitraatrijke omstandigheden en periodes met relatief droge omstandigheden. Verder zijn in de gehele subzone klei en zeer veel *Foraminiferae* gevonden. De duidelijke mariene invloed op de vegetatie, die door de aanwezigheid van klei en *Foraminiferae* gesuggereerd wordt, wordt bevestigd door de resten van *Salicornia spec.*, *Chenopodiaceae* en *Triglochin spec.*, die alle als planten van wadden, kwelders en slikken kunnen worden aangemerkt (Westhoff en Den Held, 1975). Door *Phragmites australis* gedomineerde vegetaties zijn ondergebracht in het Phragmition (19Ba), met name het Scirpo-Phragmitetum (19Ba4). *Phragmites australis* is een taxon, dat goed is aangepast aan licht brakke milieu's. Meestal is in licht brakke milieu's *Phragmites* dan ook dominant aanwezig. De combinatie van ruderaal kruiden, die relatief droge condities veronderstellen, met de vele brak- en zoutwater indicatoren lijkt te wijzen op wisselende waterniveaus, waarbij de vegetatie regelmatig door marien water is geïnundeerd, en waarbij tevens aanspoelgordels onstonden, waarop nitrofiële kruiden tot ontwikkeling konden komen.

Vegetatie type: Phragmition

Processen: Inundaties, verrijking, fluctuerende waterstanden, sterke brakwaterinvloed

Subzone D56-U6b (443-430 cm)(3560-3400 BP) *Phragmites* vegetaties

Behalve resten van *Phragmites australis* zijn ook andere voor Phragmition vegetaties (19Ba) karakteristieke taxa (*Typha spec.*, *Lycopus europaeus*, en *Mentha aquatica*) gevonden in deze subzone. De sterke afname van de mariene invloed op de vegetatie, gezien de sterke afname van de hoeveelheid aangetroffen klei, *Foraminiferae* en zoutwaterindicatoren, zal ten grondslag hebben gelegen aan de toenemende soorten rijkdom van de Phragmition vegetatie in deze subzone. De meeste nieuwe taxa zijn hoogstens licht zouttolerant (Weeda et al., 1987 en 1988). De resten van *Hydrocotyle vulgaris* en de vele *Ericaceae* zaden die gevonden zijn in het topmonster van subzone D56-U6b, bevestigen niet alleen de overgang naar zoetwatercondities, maar laten tevens zien dat er een verarming en verzuring van de vegetatie is aangevangen na het ophouden van de inundaties met brak water. De vele verbrande plantenresten en houtskool in de hele subzone laten verder zien, dat zeer regelmatig branden in de vegetatie hebben plaatsgevonden. Mogelijk is dit veroorzaakt door menselijk ingrijpen in de vegetatie.

Vegetatie type: Phragmition

Processen: Verarming, afname brakwaterinvloed, successie

Zone D56-U7 (430-343 cm) (3400- ? BP) Oligotrofe vegetaties

Tijdens de vorming van deze zone raakte de monsterlokatie bedekt met Hoogveenvegetaties. Eerst onstond een vegetatie met *Sphagnum*, *Ericaceae* en *Eleocharis palustris* (D56-U7a). Vervolgens waren vooral *Ericaceae* veenvormend (D56-U7b), eerst gevolgd door *Eriophorum vaginatum* (D56-U7c) en vervolgens door *Ericaceae* (D56-U7d).

Subzone D56-U7a (430- 424 cm) (3400- ? BP) *Sphagnum*veen

De monsters in deze subzone zijn met name opgebouwd uit bladresten van *Sphagnum* en wortelresten van *Ericaceae*. Ook zijn resten van *Drosera spec.*, *Juncus spec.* en *Eleocharis palustris* gevonden. Tevens is een enkele *Foraminiferae* aangetroffen. *Eleocharis* maakt niet alleen deel uit van een Phragmitetum vegetaties maar ook van oevervegetaties rond oligotrofe plassen (Sociatie van *Molinia coerulea* en *Sphagnum cuspidatum*, 28Aa6). De wortelresten van *Ericaceae* kunnen (deels) later deze subzone zijn ingegroeid, waar deze dominant vertegenwoordigd zijn. Hoe dan ook, de samenstelling van de monsters wijst in de richting van een sterke vermindering van de hoeveelheid beschikbare nutriënten tijdens deze fase en successie in de richting van oligotrofe vegetaties.

Processen: Verarming, successie

Subzone D56-U7b (424-397 cm) Heideveen

Deze zone wordt gedomineerd door de resten van *Calluna vulgaris*, *Erica tetralix*. *Calluna* resten zijn met name dominant tussen 414 en 415 cm, waarin ook zeer veel sklerotia van *Cenococcum geophilum* gevonden zijn. Er is dus aanvankelijk een voedselarme heide vegetatie ontstaan die voornamelijk uit *Erica tetralix* bestond, onderbroken door een zeer droge fase waarin *Calluna vulgaris* de vegetatie domineerde en enige bodemvorming optrad in de top van het veen.

Processen: Verarming, verdroging

Subzone D56-U7c (397-366 cm) *Eriophorum vaginatum* veen

In deze subzone is het veen in hoofdzaak opgebouwd uit *Eriophorum vaginatum* en *Calluna vulgaris* resten samen met maximale hoeveelheden sklerotia van *Cenococcum geophilum* (ca. 1000-2500). *Eriophorum vaginatum* is met name karakteristiek voor oligotrafente bultvormende en -afbrekende vegetaties in levende hoogvenen (Westhoff en Den Held, 1975). *Calluna vulgaris* prefereert ook relatief drogere standplaatsen dan *Erica tetralix*. De zeer vele sklerotia wijzen verder op een sterke afbraak van organisch materiaal en bodemvorming in het veenoppervlak, onder zeer droge condities. In deze fase treedt er dus een aanzienlijke verdroging op van de vegetatie.

Processen: verdroging

Subzone D56-U7d (366-343 cm) Heideveen

Deze zone wordt gedomineerd door de resten van *Erica tetralix* en nog steeds tamelijk veel sklerotia van *Cenococcum geophilum* (ca. 1000). Ook zijn vruchten van *Myrica gale*, *Alnus glutinosa*, *Hydrocotyle vulgaris* en *Lycopus europaeus* aangetroffen tussen 355 en 356 cm. Er is dus een voedselarme *Erica tetralix* vegetatie ontstaan, waarin droge condities heerste. Door de voortdurende relatief droge condities kon opslag van bomen en struiken aanvangen op het veenoppervlak. De opslag van struiken lijkt zich boven de 355 cm niet door te zetten. Omdat het aantal sklerotia dan sterk afneemt hangt dit samen met een zekere vernatting van het milieu boven de 355 cm.

Studiegebied Schokland

ZP-kern

Zone ZP-S1 (686-629 cm) Elzenbroekbos (? -5180 BP)

Het veen van zone ZP-S1, wordt gedomineerd door resten van *Alnus glutinosa* (subzone ZP-S1a en ZP-S1b). Boven de 668 cm neemt het aandeel *Alnus* snel af en vormen *Carex* soorten, met name soorten uit de groep *Carex sect. Acutae*, de belangrijkste veenvormers (subzone ZP-S1c). In de hieropvolgende fasen (subzone ZP-S1d t/m ZP-S1g) zijn *Alnus* en soorten van de groep *Carex sect. Acutae* beide veenvormend terwijl ook *Salix* lokaal aanwezig was.

Subzone ZP-S1a (686-675 cm) (? -5820 BP) Open en nat *Alnus*broekbos

Subzone ZP-S1a, die de basis van deze sectie vormt, bestaat voor een deel uit de bovenkant van het Pleistocene substraat (tussen 686-680 cm) en voor een deel uit initieel basisveen. De substraat monsters laten relatief hoge *Alnus* pollenpercentages zien (50%), die boven de 680 cm iets afnemen. De toename van *Quercus* pollenpercentages boven de 680 cm kunnen toegeschreven worden aan een betere conservering van *Quercus* pollen door de toenemende vernatting van het milieu tijdens die fase (Havinga, 1974, 1984). Boven de 680 cm wijzen het pollen van *Alnus*, de hout- en bladresten en vele knopschubben op toenemende lokale betekenis van *Alnus* (*Carici elongatae-Alnetum*, 35Aa1). Verder zijn veel *Typha angustifolia* pollen, *Lophopus cristalinus* resten (*Bryozoa*) en één *Mentha aquatica* vrucht gevonden. Deze taxa wijzen op het voorkomen van natte open plekken in de *Alnus*-rijke vegetatie. De aanwezigheid van *Typha angustifolia* wijst verder op een substraat dat uit weke modder bestaat in water met een diepte tussen de 0.5 en 1.5 meter (*Typhetum angustifoliae*, 19Ba2). Deze waterdiepten zijn te groot voor de lokale ontwikkeling van *Elzenbroekbos* (*Carici elongatae-Alnetum*) en het lijkt dan ook waarschijnlijk dat tijdens de verdrinking van het Pleistocene substraat, waarop eerst een *Elzen*-rijke vegetatie is ontstaan, het oppervlakte open en natte plekken snel toe is genomen.

Vegetatietypen: *Carici elongatae-Alnetum*, *Phragmitetea*

Processen: verdrinking

Subzone ZP-S1b (675-666 cm) (5820-5640 BP) Meer gesloten en relatief droger *Alnus* broekbos

In deze subzone zijn resten van *Alnus glutinosa* (pollen en vruchten, katjesschubben, hout, bladeren, knopschubben, bladabscissies en wortelperiderm) dominant aanwezig in de monsters. Verder zijn resten van *Alisma plantago-aquatica*, *Oenanthe aquatica*, *Typha angustifolia* en *Carex paniculata*, *Umbelliferae*, *Lythrum salicaria* en *Urtica dioica* gevonden. Het ondiepe water uit de vorige subzone is kennelijk dichtgegroeid met deze taxa, terwijl ook *Alnus glutinosa* zich sterk kon uitbreiden in de vegetatie. Deze ontwikkeling leidde tot een meer gesloten vegetatie, die tevens droger van karakter was. Dit wordt bevestigd door de kleine hoeveelheid schimmel-vruchtlichamen in de macroresten monsters en het verdwijnen van de vele *Bryozoa* (*Lophopus cristalinus*). De resten van *Urtica dioica* en *Lythrum salicaria* (ruderaal kruiden) laten zien dat dit gepaard ging met enige verstoring in de nutriënten huishouding en accumulatie van organisch materiaal. De combinatie van *Alnus glutinosa*, *Carex paniculata* en *Lythrum salicaria* is karakteristiek voor een *Carici elongatae-Alnetum* vegetatie (35Aa1) (zie ook subzone ZP-S1a) en is indicatief voor matig voedselrijk, stagnerend of enigszins beweeglijk grondwater (Westhoff en Den Held, 1975). *Lythrum salicaria* maakt verder ook deel uit van de ruigtekruiden-gemeenschap *Filipendulion* (25Ab). *Typha angustifolia*, *Oenanthe aquatica* en *Alisma plantago-aquatica* zijn karakteristiek voor *Phragmitetea* vegetaties (19). De voedselrijkdom zal dus steeds min of meer eutroof geweest zijn. Hoogstens kleine verticale grondwaterbewegingen zullen zijn opgetreden, waarbij de grondwaterstand rond het oppervlak van het venig substraat bewoog.

Vegetatietypen: *Carici elongatae-Alnetum*, *Phragmitetea*, *Filipendulion*.

Processen: grondwaterstijging < netto organische productie; successie, verlanding

Subzone ZP-S1c (666-662 cm) (5640-5560 BP) *Carex* vegetatie

Het afnemen van de hoeveelheid gevonden *Alnus*-resten (pollen en macroresten) en het toenemen van de hoeveelheid *Carex*-resten, met name van soorten uit de groep *Carex sect. Acutae*, typeren de vernatting die heeft plaatsgevonden tijdens de vorming van deze subzone. De beginnende vernatting van het *Alnus*broekbos wordt begeleid door het voorkomen van *Lophopus cristalinus*, een kleine toename van het aantal gevonden *Cladocera* en de resten van *Oenanthe aquatica*. Verder is veel cf. *Cladium mariscus* epidermis aangetroffen (15% !). De dikke rode wortelstructuren van *Cladium* zijn ook in het laboratorium aangetroffen in de hele subzone. De goede conservering van het *Carex* veen, dat uiteindelijk gevormd is boven 662 cm, bevestigen de voortdurende natte condities tijdens de veenvorming. Diverse zogenaamde grote *Zeggesoorten*, zoals de meeste soorten uit de groep *Carex sect. Acutae* en *Cladium mariscus*, zijn ondergebracht in het

verbond van het Magnocaricion (19Ca). Deels vormen de vegetaties uit het Magnocaricion een overgangszone van eutrofe Phragmites vegetaties (Phragmition, 19Ba) naar meer mesotrofe Carex vegetaties en deels kunnen de gemeenschappen het open water omzomen (Westhoff en Den Held, 1975). Tevens zijn een aantal associaties drijfvlvormers. In de groep Carex sect. Acutae zijn ook soorten (zoals C. nigra, Berggren, 1969) ingedeeld die zijn karakteristiek voor zure meer mesotrofe Caricion curto-nigrae (27Aa) vegetaties.

Omdat Cladium mariscus optimaal groeit onder kalkrijke basische omstandigheden en secundaire ingroeiing vanuit jongere veenlagen met Cladium wortels niet waarschijnlijk is, is het vrij onwaarschijnlijk dat we te maken hebben met Caricion curto-nigrae vegetaties. Overigens komen de meeste Magnocaricion vegetaties voor in min of meer stagnerend eutroof grondwater met een diepte van 0-1 meter, dat meestal alleen s'winters hoog staat (Westhoff en Den Held, 1975).

Vegetatietypen: Magnocaricion, Cladietum marisci

Processen: netto organische productie < grondwaterstijging; vernatting, stabiele grondwaterstanden

Subzone ZP-S1d (662-653 cm) (5560-5455 BP) Elzenbroekbos

Boven 661 cm zijn veel Phragmites australis resten gevonden (Phragmites pollentype en epidermisresten) samen met vruchten en nootjes van Alisma plantago-aquatica, Carex sect. Acutae en wat C. pseudocyperus. Alnus pollenwaarden zijn nog relatief laag (30%), hoewel in de macroresten wel Alnus vruchten, één bladabscissie en veel bladresten (30%) gevonden zijn. Verder nemen de percentages Cyperaceae pollen (>100%), monoleet-psilate sporen (60%) en schimmel sporen (25%) aanzienlijk toe, terwijl tevens wat Chenopodiaceae en Typha latifolia pollen is gevonden. Cladium mariscus wortels zijn verder waargenomen in de kern tijdens het monstren in het laboratorium. De enkele Alnus resten wijzen op ontwikkelingen in de richting van een Elzenbroekbos (Carici elongatae-Alnetum, 35Aa1). De resten van Phragmites, Carex spec. en Alisma plantago-aquatica wijzen tevens op de aanwezigheid van Phragmitetea (19) vegetaties. De varen- en schimmel sporen zijn verder indicatief voor lage waterstanden, terwijl de vele bladresten op langdurige periodes met hogere waterstanden duiden. De Chenopodiaceae zullen op bijeen gespoeld organisch materiaal hebben gegroeid (aanspoelgordels). Verder zijn de meeste taxa aangepast aan sterk wisselende waterstanden en deels droogvallend substraat. Samenvattend is het veen uit subzone ZP-S1d dus opgebouwd uit kentaxa van Carici elongatae-Alnetum en Phragmitetea vegetaties. De aanwezigheid van indicatoren voor droge zowel als natte condities en voor wisselende waterstanden maken sterk verticale waterbewegingen waarschijnlijk.

Vegetatietypen: Carici elongatae-Alnetum, Phragmitetea

Processen: toenemende verticale waterbeweging, netto organische productie >= grondwaterstijging; lichte verlanding, successie

Subzone ZP-S1e (653-644 cm) (5455 -5355 BP) Open en nat Elzen-Wilgenbroekbos

Boven 653 cm neemt het aantal gevonden Carex sect. Acutae nootjes af terwijl het aandeel Alnus resten (pollen (50%) en vruchten) toeneemt. Tevens wijzen de sterke toename van het percentage Salix pollen (20%) op toenemende lokale betekenis van Salix. Ook nemen de percentages Cyperaceae pollen, Phragmites pollentype en monoleet-psilate sporen sterk af, terwijl ook T143 (20%) en diverse schimmel sporen (30%) in relatief hoge percentages gevonden zijn. Ook zijn Alisma plantago-aquatica en Lycopus europaeus vertegenwoordigd in de macroresten monsters. Doorgroeiing met Cladium mariscus is in het laboratorium geconstateerd in de hele subzone, terwijl tevens lage percentages Cladium pollen en epidermis zijn gevonden in de pollen- en macrorestenmonsters. Deze subzone vertegenwoordigt dus een Elzen-Wilgenbroekbos vegetatie met Alisma plantago-aquatica, Cladium mariscus en Lycopus europaeus. Diverse Salix soorten zijn een normale verschijning in een Carici elongatae-Alnetum (35Aa1) en groeien op de wat nattere en vooral open plaatsen in Elzenbroekbossen (Weeda et al., 1985). Alisma plantago-aquatica zal ook deel hebben uitgemaakt van de nattere delen in de vegetatie, terwijl Lycopus europaeus op minder natte stikstofrijke grond voorkomt (Weeda et al., 1988). Lycopus en Salix spec zijn matig tot slecht schaduwtolerante soorten (Weeda et al., 1985, 1988), terwijl Alisma plantago-aquatica licht nodig heeft voor de kieming (Weeda et al., 1987), maar overigens wel vrij schaduwtolerant is (Weeda et al., 1991). Overigens zijn Alisma plantago-aquatica, Lycopus europaeus en Salix ook taxa die veel in zoetwatergetijde gebieden voorkomen en zijn dus goed aangepast aan regelmatig sterk verticaal bewegelijk grondwater (Zonneveld, 1960; Westhoff et al, 1971). Het voorkomen van Cladium mariscus wijst verder op kalkrijke condities. De ontwikkeling van het Carici elongatae-Alnetum, die in de vorige subzone begonnen is, heeft zich in deze subzone dus doorgezet. De natte delen, waar voorheen nog Phragmitetea soorten hebben gegroeid, zijn in deze fase bedekt geraakt met een Salix vegetatie, terwijl op de droge delen Alnus goed tot ontwikkeling is gekomen.

Vegetatietypen: Carici elongatae-Alnetum

Processen: verticale waterbeweging, netto organische productie >= grondwaterstijging; lichte verlanding

Subzone ZP-S1f (644-635 cm) (5355 -5250 BP)

Boven 644 cm vermindert het aandeel Alnus pollen (naar 30%) in het pollendiagram, terwijl het (hoge) percentage Salix pollen gelijk blijft. In de macroresten monsters zijn in subzone ZP-S1f geen Alnus vruchten en hout meer aanwezig, hoewel wel een hoog volume percentage bladresten is gevonden. Mogelijk zijn de bladresten afkomstig van Salix bomen. Het gebrek aan houtresten hoeft overigens niet in te houden dat er geen bomen op de lokatie groeiden. De hoge Salix pollenpercentages, in combinatie met de vele bladresten, suggereren de aanwezigheid van Salix op of nabij de monster lokatie. De afwezigheid van hout is dan te wijten aan de slechte fossiliserings eigenschappen van Salix hout. De pollendiagrammen laten verder sterke toenames zien van de percentages Cyperaceae pollen en monoleet-psilate sporen en afnamen van de percentages schimmel sporen. In de macroresten monsters zijn nog veel nootjes van Carex sect. Acutae en

enkele zaden, vruchten en nootjes van *Carex pseudocyperus*, *Menyanthes trifoliata*, *Hippuris vulgaris*, *Alisma plantago-aquatica*, *Lythrum salicaria* en *Phragmites australis* aangetroffen. Tijdens het monstren bleek er sprake te zijn van enige doorgroeiing met *Cladium mariscus* wortels. De sterke toename van *Salix* ten opzichte van *Alnus* en de overige taxa die gevonden zijn, suggereren de ontwikkeling van een zeer open en nat Wilgebroekbos. De voorheen nog droge plekken, waar *Alnus* groeide, zijn kennelijk zo nat geworden dat *Salix* hier de overhand kreeg. In de natste delen van de vegetatie was het zo nat dat *Carex spec.*, *Hippuris vulgaris*, *Alisma plantago-aquatica* en *Menyanthes trifoliata* zich konden vestigen. De vegetatie is het best te karakteriseren als een mozaïek van Phragmitetea vegetaties met *Salix*. Aan de successie naar meer terrestrische vegetaties is dus een einde gekomen.

Vegetatietypen: Phragmitetea met *Salix*

Processen: netto organische productie < grondwaterstijging; verdrinking, afnemende verticale waterbewegingen

Subzone ZP-S1g (635-629 cm) (5250-5180 BP)

In deze subzone neemt in het pollendiagram het percentage pollen van *Alnus* (35%) en *Salix* (10%) sterk af, terwijl de pollenpercentages van *Quercus* (35%), *Gramineae* (15%), *Cyperaceae* (55%) en *Phragmites*-type (3%) duidelijk toenemen. Ook neemt de hoeveelheid monoleet-psilate sporen (>100%), *Thelypteris* (35%) sporen en varensporangien (10%) aanzienlijk toe. In de macroresten monsters zijn wel weer *Alnus* vruchten gevonden samen met wat bladresten, hout, slechts enkele *Carex sect. Acutae* en *C. pseudocyperus* nootjes en een laag volume percentage *Phragmites australis* epidermis. Tijdens monstren is verder gebleken dat de hele subzone is doorgroeit met *Cladium mariscus* wortels. De combinatie van *Phragmites australis* en *Thelypteris palustris* is karakteristiek voor Thelypterido-Phragmitetum vegetaties (19Ba8), terwijl de *Carex* soorten ook op ontwikkelingen in de richting van Magnocaricion (19Ca) vegetaties wijzen. Het milieu is deels ook geschikt geweest voor opslag van *Alnus*, hoewel niet in grote aantallen. Het milieu had gedurende de hele fase een eutroof karakter.

Vegetatietypen: Thelypterido-Phragmitetum, Magnocaricion.

Processen: netto organische productie < grondwaterstijging; doorgaande verdrinking; hoogstens kleine waterstands fluctuaties

Zone ZP-S2 (629-612 cm) (5180-4945 BP) *Carex* vegetatie

Het verdwijnen van *Alnus* uit de vegetatie en de ontwikkeling van zeer goed gepreserveerd *Carex* veen opgebouwd door *Carex sect. Acutae*, *C. pseudocyperus* en *Thelypteris palustris* in deze subzone wijzen op een vernatting van de vaak *Alnus*-rijke *Carex* vegetatie uit zone ZP-S1. *Cicuta virosa*, *Carex rostrata*, *Alisma plantago-aquatica*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*, *Stachys spec.*, *Galium spec.* (*palustre* ?), *Lathyrus palustris* en *Phragmites australis* hebben ook deel uitgemaakt van deze vegetatie, gezien hun aanwezigheid in pollen- en macrorestenmonsters. Naast de goede conservering van het veen laten het pollen van *Nuphar lutea* en *Hydrocharis morsus-ranae* en resten van *Cladocera*, *Lophopus cristalinus*, *Bryophyten* sporen en *Zygnema* ook zien dat de condities relatief nat waren. De combinatie van *Carex pseudocyperus*, *Cicuta virosa*, *Thelypteris palustris*, *Carex rostrata* en *Galium palustre* komt samen voor in Cicuto-Caricetum pseudocyperi (19Ac2) vegetaties. Deze drijftuilmvormende associatie gaat normaliter door successie over in een Caricetum paniculatae (19Ca2) gevolg door een Carici elongatae-Alnetum (35Aa1) of een Thelypterido-Phragmitetum (19Ba8) als opslag van *Alnus* en *Salix* wordt verhinderd. Ook *Stachys palustris* is een taxon van jonge ongestoorde drijftillen (Weeda et al, 1988). *Hydrocharis morsus-ranae* is een kentaxon van het Hydrocharito-Stratiotetum (5Bb1). Deze associatie gaat in successie vooraf aan het Cicuto-Caricetum pseudocyperi (19Ac2) en is indicatief voor beginnende verlanding in tot maximaal 1 meter diep rustig open eutroof water, boven een substraat dat uit week sapropelium bestaat (Westhoff en Den Held, 1975). *Lathyrus palustris* maakt deel uit van Molinietalia vegetaties (25Aa), indicatief voor verzuuring, en komt voor in de rand van ijle rietlanden, op plaatsen die af en toe worden overspoeld en waar een lichte ophoping van bladstrooisel en aanspoelsel plaatsvindt (Weeda et al., 1987). Verder groeit de plant in *Carex* moerassen met *Thelypteris palustris* onder meer mesotrofe condities (Weeda et al, 1987). De resten van *Phragmites*, *Typha latifolia* en *T. angustifolia*, *Alisma plantago-aquatica* en *Carex sect. Acutae* representeren Phragmitetum en Magnocaricion vegetaties.

Vegetatietypen: Magnocaricion, Phragmitetum, Molinietalia, Cicuto-Caricetum pseudocyperi, Hydrocharito-Stratiotetum (5Bb1).

Processen: netto organische productie < grondwaterstijging; vernatting; afname in dynamiek, stabiele waterstanden

Zone ZP-S3 (612/599-547) (4945/4810-4230 BP) *Alnus* broekbos vegetatie

De ontwikkeling van een dicht *Alnus*broekbos is typerend voor deze zone. In aanvang is het *Alnus*bos nog relatief open geweest, maar naar boven toe lijkt er een verdichting van, en een lichte verdroging in, de vegetatie op te treden (subzone ZP-S3a). Tijdens de vorming van de bovenste monsters (subzone ZP-S3b) is het *Alnus*moerasbos meer open van structuur geweest, wat tot het binnendringen van *Carex pseudocyperus* en *Lythrum salicaria* in het *Alnus*moerasbos heeft geleid.

Subzone ZP-S3a (612/599-564 cm) (4945/4810-4380 BP) *Alnus* broekbos veen met *Menyanthes trifoliata*.

De successie naar *Alnus*broekbos in zone ZP-S3 wordt voorafgegaan door een toename van *Salix* pollenpercentages (30%), gevolgd (boven de 594 cm, ca. 4730 BP) door een sterke toename van *Alnus*-resten

(pollen en macroresten) en een sterke afname van *Salix* pollenpercentages. In deze fase wijzen de macroresten van *Carex pseudocyperus*, *Menyanthes trifoliata* en *Alisma plantago-aquatica* op een open mozaïek-achtige vegetatiestructuur, waarin natte plekken met *Menyanthes trifoliata* en *Alisma plantago-aquatica* afgewisseld worden door drogere plekken met *Alnus*. Het pollen van *Hedera helix* verraden de aanwezigheid van deze schaduw-tollerante klimplant (Weeda et al., 1987) in het Elzenbroekbos. In de top van subzone ZP-S3a verdwijnen de taxa, die indicatief zijn voor een open en natte vegetatie, uit de pollen- en macrorestenassemblages, zoals *Alisma plantago-aquatica*, die licht nodig heeft voor de kieming (Weeda et al., 1987). Wel zijn dan zaden en vruchten van *Oenanthe aquatica* en de ruderaal kruiden *Lycopus europaeus* en *Lythrum salicaria* gevonden. Deze planten wijzen op accumulatie van organisch materiaal en droogvallend substraat. Verder is naar de top van de subzone toe een toename van het volume percentage bladresten waar te nemen, wat een indicatie kan geven voor de aanwezigheid van plasjes met ondiep open water. Het broekbos was of te nat of kennelijk te rijk aan schaduw om begroeiing van de (kleine?) natte plekken mogelijk te maken. De hele subzone laat dus, na een snelle successie naar *Alnus*-broekbos vegetaties, een doorgaande verdichting van de vegetatie zien. Er moet verder nog worden opgemerkt dat tussen 612 en 599 cm geen monsters zijn gestoken, omdat een stuk hout het onmogelijk maakte om voldoende macroresten materiaal te verzamelen. Het is wel duidelijk dat de ontwikkeling naar *Alnus*-broekbos zich pas duidelijk manifesteert boven de 594 cm. De vegetatie is het best te karakteriseren als een soortenarm Carici elongatae-Alnetum (35Aa1) (*Salix*, *Alnus*, *Lythrum*) waarin *Alnus* dominant is.

Vegetatietypen: Carici elongatae-Alnetum

Processen: netto organische productie > grondwaterstijging; successie, verlanding; enige verticale waterstands schommelingen

Subzone ZP-S3b (564-547 cm) (4380-4230 BP) *Alnus*-rijke *Carex* vegetatie

De terugkeer van hoge pollenwaarden voor *Salix* (20%) en de sterke afname van *Alnus*-resten en een toename van het aantal *Cladocera* suggereren een overgang naar een meer open en natte Elzenbroekbos vegetatie. Dit is gepaard gegaan met een toename van *Carex pseudocyperus*, *Mentha aquatica*, *Menyanthes trifoliata*, *Alisma plantago-aquatica*, *Lythrum salicaria* en *Equisetum* spec. in de vegetatie, gezien de resten van deze taxa in de pollen- en macrorestenassemblages. Tevens was *Hedera helix* nog aanwezig in de vegetatie. De gevonden *Tetraodon* en *Mougeotia* sporen bevestigen de toenemende vernatting en een meer open en schaduw-arme vegetatiestructuur. De *Equisetum* sporen vertegenwoordigen hoofdwarschijnlijk de soort *Equisetum fluviatile*. Deze soort maakt, evenals *Carex pseudocyperus*, *Mentha aquatica* en *Alisma plantago-aquatica* deel uit van Phragmitetea (19) vegetaties (Westhoff en Den Held, 1975). Tevens kan deze schaduw-tollerante soort een belangrijke component zijn in de ondergroei van Elzenbroekbos (Weeda et al., 1985). De vegetatie is dus het best te karakteriseren als een open Carici elongatae-Alnetum (35Aa1), waarin open en meer natte plekken begroeid zijn door taxa uit Phragmitetea vegetaties.

Vegetatietypen: Carici elongatae-Alnetum, Phragmitetea

Processen: netto organische productie < grondwaterstijging; lichte verdrinking;

Zone ZP-S4 (547 - 533 cm) (4230-4085 BP) Natte *Carex* vegetatie met *Thelypteris palustris*

Zone ZP-S4 wordt gekenmerkt door het verdwijnen van *Alnus*-resten en een sterke toename van *Thelypteris palustris*-resten. Dat dit samen is gegaan met een duidelijke vernatting en toenemend contact met open water uit de omgeving blijkt uit de resten van *Nuphar lutea*, *Nymphaeaceae*, *Cladocera*, *Stratiotes aloides* en *Lophopus cristalinus*. Naar boven toe neemt de hoeveelheid resten van *Thelypteris palustris* af en de hoeveelheid indicatoren voor natte condities toe. Verder zijn resten van *Menyanthes trifoliata* (tussen 546-547 cm en 544-545 cm), *Alisma plantago-aquatica*, *Lythrum salicaria*, *Carex pseudocyperus* (met name in de monsters tussen 536-537 cm en 544-545 cm) en *Cladium mariscus* (monster tussen 535-536 cm) gevonden. Verder laat een toename van het percentage *Salix* pollen (15%) zien dat *Salix* lokaal aanwezig was in de natte *Carex-Thelypteris* vegetatie. De *Stratiotes* resten zijn afkomstig van een Hydrocharito-Stratiotetum (5Bb1) en de *Nuphar lutea* en *Nymphaeaceae* resten van een Potameto-Nupharetum (5Ab2), beide indicatief voor de aanwezigheid van of contact met open water. Verder zijn *Carex pseudocyperus*, *Menyanthes trifoliata* en *Thelypteris palustris* kentaxa of differentiërende taxa van de subassociatie Cicuto-Caricetum pseudocyperii thelypteridetosum (19Ac2b), indicatief voor de overgang van het Cicuto-Caricetum pseudocyperii (19Ac2) naar het Thelypterido-Phragmitetum (19Ba8). *Alisma plantago-aquatica* is een taxon, dat voorkomt in Cicuto-Caricetum pseudocyperii vegetaties als de ontwikkeling van deze vegetatie zover is gevorderd dat delen van de vegetatie regelmatig droog komen te liggen (Weeda et al., 1991) en past dus goed in het beeld van een Cicuto-Caricetum pseudocyperii, die niet meer in zijn initiële fase van verlanding verkeert.

Vegetatietypen: Hydrocharito-Stratiotetum (5Bb1), Potameto-Nupharetum (5Ab2), Cicuto-Caricetum pseudocyperii (thelypteridetosum).

Processen: netto organische productie < grondwaterstijging; verdrinking; inundaties, korte periodes met hoge waterstanden

Zone ZP-S5 (533-503 cm) (4085- 3680 BP)

Een successie naar een vegetatie die aangepast is aan drogere en vooral voedselarmere omstandigheden volgt op de natte *Carex-Thelypteris* vegetatie uit de vorige zone. In de *Carex* vegetatie breidt eerst *Salix* zich uit, samen met *Hydrocotyle vulgaris* en *Frangula alnus* (ZP-S5a). Hieropvolgend breidt *Salix* zich verder uit (ZP-S5b) en ontstaat tot slot een *Betula-Myrica* vegetatie (ZP-S5c).

Subzone ZP-S5a (533-522 cm) (4085-3975 BP) verarmend *Salix* -rijke *Carex* vegetatie

Uit de diagrammen blijkt dat in de *Carex* vegetatie (Magnocaricion, 19Ca), *Salix* (15%) en *Frangula alnus* aanwezig waren. In de ondergroei was *Hydrocotyle vulgaris* (pollen en vruchten) aanwezig. De indicatoren voor natte condities en contact met open water uit de omgeving zijn dan sterk afgenomen in aantal, hoewel wat *Mougeotia* sporen zijn gevonden in de pollenpreparaten. Ook *Thelypteris palustris* resten zijn gevonden, hoewel niet in grote aantallen. De combinatie van *Salix* en *Frangula* vormt tegenwoordig een schakel in een verlandingsserie in mesotroof tot matig eutroof water met een diepte tot 0.6 meter (Frangulo-Salicetum auritae, 32Aa2). *Salix* en *Frangula* komen samen ook voor op natte en open plekken in Elzenbroekbossen (Carici elongatae-Alnetum) (Weeda et al., 1985), waar de waterstanden in ieder geval te hoog zijn voor de groei van *Alnus*. Verder is *Hydrocotyle vulgaris* indicatief voor een open vegetatie, omdat de plant licht nodig heeft voor de kieming. Het taxon komt voor in fosfaat- en carbonaatarme, neutrale tot matig zure veenbodems (Weeda et al., 1987) en bevestigt daarmee een afname in het nutriënten aanbod en meer voedselarme omstandigheden.

Vegetatietypen: Frangulo-Salicetum auritae, Magnocaricion

Processen: enige vernatting, verarming

Subzone ZP-S5b (522-517 cm) (3975-3910 BP) *Carex-Salix* vegetatie

Deze subzone wordt gekarakteriseerd door zeer hoge waarden voor *Salix* (40%), terwijl tevens veel vruchtlichamen van schimmels gevonden zijn. In deze zone is verder één *Alnus glutinosa* en een *Betula spec.* vrucht gevonden. Ook is veel *Phragmites australis* epidermis gevonden, hoewel deze vrijwel zeker van boven af in deze subzone is ingegroeid, waar ook vruchten van *Phragmites australis* en veel *Phragmites* pollentype gevonden zijn. Omdat ook wat *Frangula alnus* pollen is gevonden is de aanwezigheid van een Frangulo-Salicetum auritae op de monsterlokatie waarschijnlijk. Omdat deze vegetatie normaliter karakteristiek is voor relatief hoge grondwaterstanden (0-0.6 meter, Westhoff en Den Held, 1975) kan de aanwezigheid van schimmel-vruchtlichamen worden verklaard door aan te nemen dat de grondwaterstand nogal fluctueerde waardoor inspoeling van schimmel-vruchtlichamen plaats kon vinden. De vele schimmel-vruchtlichamen kunnen echter ook wijzen op een sterke afbraak van organisch materiaal rond de monsterlokatie.

Vegetatietypen: Frangulo-Salicetum auritae

Processen: netto organische productie < grondwaterstijging; vernatting; sterke verticale waterstands fluctuaties

Subzone ZP-S5c (517-503 cm) (3910-3680 BP) *Betula-Myrica* vegetatie

De ingezette successie naar een bos of struweel vegetatie zet in subzone ZP-S5c door. Een zeer scherpe daling van het pollenpercentage van *Salix* en een abrupte stijging van de pollenpercentages en aantallen macroresten van *Myrica gale* en *Betula spec.* suggereren een snelle verarming en doorgaande verzuring van het milieu. De resten van *Phragmites australis*, *Thelypteris palustris*, *Typha spec.* en taxa van de groep *Carex sect. Acutae* lijken hiermee in tegenspraak. Gedacht moet worden aan een mozaïek vegetatie waarin natte open plekken met laatst genoemde taxa afgewisseld worden door relatief drogere en dichtere struikgewassen van *Betula* en *Myrica gale*. Vooral *Phragmites australis* kan met zijn stolonen nutriënten uit diepere lagen verkrijgen, terwijl de andere soorten onder meer mesotrofe omstandigheden kunnen groeien. Verder is in deze subzone veel houtskool en verbrande plantenresten aanwezig, wat toegeschreven zou kunnen worden aan menselijke invloed op de vegetatie. Mogelijk was de vegetatie te dicht voor de doeleinden van de toen aanwezige mens. De combinatie van *Betula pubescens* en *Myrica gale* is karakteristiek voor het Betuletum pubescentis (36Ab1), terwijl *Betula* ook deel uitmaakt van het Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis (35Aa1e) onder relatief zure en voedselarme condities en *Myrica gale* een kentaxon is van het Myricetum gale (32Aa1). Alle drie vegetaties zijn floristische verwant aan elkaar en aan het Frangulo-Salicetum auritae (32Aa2), terwijl de vegetatietypen deels ook door successie in elkaar over kunnen gaan (Westhoff en Den Held, 1975, zie ook fig. 15).

Vegetatietypen: Betuletum pubescentis (36Ab1), Myricetum gale (32Aa1), Phragmitetea (19)

Processen: netto organische productie > grondwaterstijging; successie, verlanding; sterke afname waterstands fluctuaties d.w.z. stabielere grondwaterstanden

Zone ZP-S6 (503-485 cm) (3680-3400 BP)

Tijdens de vorming van deze zone treedt er een duidelijke verrijking op van het milieu. Eerst treden er inundaties op met *Foraminiferae* houdend water (ZP-S6a) in een *Phragmites*-rijke *Betula* vegetatie. Vervolgens verdringt de vegetatie en zet zich een successie in naar *Carex paniculata* (ZP-S6b) en *Cladium mariscus* (ZP-S6c) vegetaties.

Subzone ZP-S6a (503-496 cm) (3680-3580 BP) geïnundeerde *Betula-Phragmites* vegetatie

De overgang van een matig mesotrofe *Betula* vegetatie (Betuletum pubescentis, 36Ab1) naar eutrofe vegetaties wordt ingeleid door inundaties (*Foraminiferae* en *Chenopodiaceae*) van het *Betula* bos met water uit het kustgebied tijdens de vorming van deze subzone. Hierdoor konden soorten als *Phragmites australis*, *Typha spec.* (*T. latifolia* en *T. angustifolia*), *Rumex hydrolapatum*, *Umbelliferae*, *Solanum dulcamara* en *Carex sect. Acutae* deel uit gaan maken van de vegetatie. Deze soortencombinatie is indicatief voor diverse Phragmitum vegetatie (19Ba), o.a. Scirpo-Phragmitetum (*Phragmites*, *Rumex hydrolapatum*, *T. angustifolia* en *Solanum dulcamara*, 19Ba3), waardoor het milieu het best is te omschrijven als eutroof en zeer nat. Het vele houtskool en verbrande plantenresten in de macroresten monsters wijzen op een regelmatig afbranden van de vegetatie, mogelijkkerwijs door menselijk handelen tijdens periodes met lage waterstand.

Vegetatietypen: Phragmition, Betuletum pubescentis

Processen: netto organische productie = grondwaterstijging; verrijking door inundaties, korte periodes met hoge waterstanden

Subzone ZP-S6b (496-488 cm) (3580-3430 BP)

De overgang van een geïnundeerde *Betula* vegetatie naar een vegetatie die gedomineerd wordt door *Carex paniculata* (Caricetum paniculatae, 19Ca2) in deze fase is indicatief voor een vernatting van het milieu, ondersteund door een toename van het aantal *Cladocera* resten en de afwezigheid van indicatoren voor droogvallend substraat. Dat de voedselrijkdom steeds aan de mesotrofe kant bleef, kan worden afgeleid uit de resten van *Myrica gale*, *Hydrocotyle vulgaris* en *Lychnis flos-cuculis* (Weeda et al., 1985, 1987). *Carex paniculata* is een plant die zeer hoge horsten bouwt en daarmee ruimte geeft aan de bovengenoemde soorten. Meestal wijzen hoge horsten op grote verticale waterbewegingen (Weeda et al., 1985). Het is dus goed mogelijk dat sterke verticale waterbewegingen zijn opgetreden tijdens de vorming van deze subzone.

Vegetatietypen: Caricetum paniculatae

Processen: netto organische productie < grondwaterstijging; vernatting; mogelijk sterke verticale waterstands wisselingen

Subzone ZP-S6c (488-485 cm) (3430-3400 BP)

Een verdringing van *Carex paniculata* door *Cladium mariscus* (Cladietum marisci, 19Ca1) samen met een toenemende vernatting van het milieu (*Cladocera*) is karakteristiek voor deze subzone. Ten eerste zou het regelmatig afbranden van de vegetatie *Cladium mariscus* kunnen hebben begunstigd (Conway, 1942), wat wordt bevestigd door het vele houtskool en verbrande plantenresten (tot 4%) in deze subzone. Verder is *Cladium mariscus* een onverdraagbaar gewas (Westhoff et al. 1971 deel 2 pag 84) dat *Phragmites australis* en *Carex paniculata* uit de vegetatie kan verdrijven (zie pollen en macroresten). Ook kalkrijke condities bevorderen de groei van *Cladium mariscus* ten opzichte van *Phragmites australis* en *Carex paniculata*, terwijl ze alle drie sterke verticale waterbewegingen kunnen verdragen. Wel zijn nog steeds *Myrica gale*, *Hydrocotyle vulgaris* en *Lychnis flos-cuculi* resten gevonden, die meer zure, droge en mesotrofe condities prefereren (Weeda et al., 1985, 1987).

Vegetatietypen: Cladietum marisci

Processen: netto organische productie < grondwaterstijging; verdrinking; mogelijk sterke verticale waterstands wisselingen

Zone ZP-S7 (485-405 cm) (3400 - ? BP) Hoogveen

Zone ZP-S7 representeert het ontstaan ombrotrofe hoogveenvegetaties met voornamelijk *Erica tetralix*, *Calluna vulgaris* en *Eriophorum vaginatum* afgewisseld door *Sphagnum*.

Subzone ZP-S7a (485-484 cm) (3400-3380 BP) *Sphagnum* vegetatie

Het veen uit deze subzone is met name opgebouwd door *Sphagnum* resten (70%). Ook zijn resten van *Lychnis flos-cuculi* en *Cladium mariscus* aangetroffen en afnemende hoeveelheden *Cladocera* gevonden. Het voorkomen van *Lychnis* (Weeda et al., 1985) en *Sphagnum* wijst op een afname van de hoeveelheid beschikbare nutriënten. De vermindering van het aantal *Cladocera* op een afnemende waterdiepte op de lokatie. De verzuring die ten gevolge van de kolonisatie van de vegetatie met *Sphagnum* zal zijn opgetreden zal voor de vitaliteit van *Cladium*, als kalkminnend taxon, negatieve gevolgen hebben gehad.

Vegetatietypen: ? (Sphagnetum, Cladietum marisci)

Processen: Verarming, verzuring, verlanding

Subzone ZP-S7b (484-481 cm) (3380- ? BP) *Molinia* vegetatie

Vervolgens onstond in deze fase een strikt door *Molinia coerulea* gedomineerde vegetatie, aangezien nauwelijks andere macroresten in deze subzone gevonden zijn. De sterke toename van de hoeveelheid *Gramineae* pollen in deze subzone hangt mogelijk ook samen met de dominante vertegenwoordiging van *Molinia coerulea* in de vegetatie. Het ontstaan van *Molinia* vegetaties in hoogvenen hangt over het algemeen samen met een ontwatering van de hoogvenen of met het optreden van branden (Van Geel, 1976). Verder aanwijzingen voor een droog milieu zijn echter niet gevonden, terwijl ook weinig tot geen verbrande plantenresten en/of houtskool aangetroffen is.

Vegetatietypen: ?

Processen: verdroging, brand ?

Subzone ZP-S7c (481-459 cm) *Ericaceae-Eriophorum* vegetatie

Uit de analyses van subzone ZP-S7c blijkt dat de vegetatie in deze fase werd gedomineerd door *Erica tetralix*, *Calluna vulgaris* en *Eriophorum vaginatum*. Tevens groeide lokaal *Myrica gale*. Omdat regelmatig relatief hoge aantallen sklerotia van *Cenococcum geophilum* zijn aangetroffen (tot ca. 1000), moet verondersteld worden dat het venig oppervlak langdurig droog lag. Dit blijkt eigenlijk ook wel uit de combinatie van *Ericaceae* en *Eriophorum vaginatum*, die overwegend in het droge deel van hoogveenvegetaties voorkomen (Westhoff en Den Held, 1975). De droge condities in de vegetatie, die in de vorige subzone zijn ontstaan, hebben zich in deze fase dus gehandhaafd. Behalve opslag van *Myrica* zou bij voortdurende droge condities ook *Betula* opslag verwacht moeten worden, terwijl ook *Molinia* zich zou

moeten kunnen handhaven. Het verdwijnen van *Molinia* en het achterwegen blijven van *Betula* opslag is daarom bevreemdend.

Processen: doorgaande verdroging

Subzone ZP-S7d (459-455 cm) *Sphagnum* vegetatie

Hoewel in deze subzone erg hoge aantallen *Erica tetralix* zaden zijn gevonden, bestaat het veen voor ca. 90% uit *Sphagnum* resten. Kennelijk kwam *Erica tetralix* nog wel voor in de naaste omgeving, maar was de grondwaterstand op de monsterlokatie zo hoog dat in hoofdzaak *Sphagnum* tot ontwikkeling kwam. *Erica tetralix* komt overigens op veel nattere standplaatsen voor dan *Calluna vulgaris* (Westhoff et al., 1971 deel 3). Het verdwijnen van *Calluna vulgaris* zal dus ook een gevolg zijn geweest van de algemene vernatting van het milieu. De toename van *Sphagnum* resten begint eigenlijk al in de top van de vorige subzone, waar veel sporangia van *Sphagnum* gevonden zijn en een duidelijke afname van de hoeveelheid *Ericaceae* resten waar te nemen is. Hoe dan ook, de gebeurtenissen in deze fase zijn alleen te verklaren door aan te nemen dat het milieu veel natter is geworden.

Processen: Vernatting

Subzone ZP-S7e (455-405 cm) *Ericaceae-Eriophorum* vegetatie

Hoewel in aanvang nog redelijk veel *Sphagnum* resten gevonden zijn (15-30%), bestaat het merendeel van deze subzone uit *Erica tetralix* resten. Voortdurend zijn tevens resten van *Calluna vulgaris* en *Eriophorum vaginatum* aangetroffen, maar meestal niet in erg grote hoeveelheden. In onderste deel van de subzone zijn een redelijke hoeveelheid sklerotia van *Cenococcum geophilum* gevonden (2-53 stuks), terwijl tevens *Myrica gale* resten aangetroffen zijn. Samen met de *Sphagnum* verdwijnen deze resten naar de top van de zone toe. Behalve *Erica tetralix* resten zijn dan tevens resten van *Typha spec.*, *Cladium mariscus* en *Phragmites australis* gevonden. Het is echter goed mogelijk dat de resten van de laatste twee taxa van hoger af deze subzone zijn ingegroeid, omdat daar (zie zone ZP-S8) de vegetatie door beide taxa wordt gedomineerd. Afgaande op de oligotrafente taxa lijkt zich in deze subzone dus eerst een lichte verdroging te hebben afgespeeld, gevolgd door een fase waarin het te nat was voor *Calluna* en *Eriophorum*. Omdat *Sphagnum* vegetaties zowel in droge als in natte milieu's tot ontwikkeling kunnen komen, zal het achterwege blijven van de ontwikkeling van *Sphagnum* vegetaties veroorzaakt zijn door een zekere verrijking van de vegetatie. De resten van *Typha spec.*, *Cladium mariscus* en *Phragmites australis* vormen hiervoor een aanwijzing.

Processen: verrijking ?

Zone ZP-S8 (405-360 cm)

Tijdens de vorming van deze subzone veranderde de vegetatie volkomen. Uit de analyses kan worden afgeleid dat nu een vegetatie was ontstaan van *Phragmites australis*, *Juncus spec.*, *Cladium mariscus*, *Lythrum salicaria*, *Myrica gale* en *Carex sect. Acutae*. Tevens zijn resten van *Alisma plantago-aquatica* en *Hydrocotyle vulgaris* af en toe gevonden. In het bovenste monster, dat uit Almere afzettingen bestaat, zijn zeer hoge aantallen *Juncus gerardii* zaden gevonden samen met vele *Foraminiferae*. De taxa in deze subzone zijn karakteristiek voor diverse vegetatie-eenheden (*Phragmitetea*, *Magnocaricion*, *Juncetum gerardii*, *Myricetum gale* etc.) Het merendeel van deze vegetatie eenheden zijn karakteristiek voor eutrofe omstandigheden. Voorafgaand aan de sedimentatie van de Almere afzettingen op de veensequentie, is eerst het hoogveen verdrongen en is een tijdlang *Carex-Phragmites* veen gevormd. Dit houdt wel in dat of het voormalig hoogveenoppervlak is ingeklonken tot op de regionale grondwaterspiegel of dat het hoogveencomplex nooit een erg hoge eigen grondwaterstand heeft gehad. Gezien de overwegend droge condities waaronder het meeste veen gevormd is, is dit niet onwaarschijnlijk.

OEW-kern

Zone OEW-S1 (802-645 cm) (? - 5135 BP) Detritus en klei

Tijdens de vorming van deze zone verdrong het Pleistocene substraat waarop aanvankelijk *Phragmitetea* vegetaties tot ontwikkeling kwamen (OEW-S1a, OEW-S1b). Vervolgens werd voortdurend detritus afgezet op de lokatie, onderbroken door een laag subaquaatisch afgezette komklei (OEW-S1f).

Subzone OEW-S1a (802-796 cm) Leem

De basis van de OEW kern bestaat uit Pleistocene leem, die gerekend moet worden tot de Kreftenheye Formatie (zie § 2.1.2.3). De leem is doorgroeid met *Carex* worteltjes en bevat zaden en vruchten van *Alisma plantago-aquatica*, *Typha spec.* (*Typha latifolia*, gezien enige onderzochte pollenmonsters) en *Lythrum salicaria*. Deze taxa zijn allen vrij algemeen in oevergemeenschappen van *Phragmitetea* (19) vegetaties. *Lythrum salicaria* is daarenboven een kentaxon van een ruderaal kruidengemeenschap (*Filipendulion*, 25 Ab), die karakteristiek is voor matig voedselrijke tot voedselrijke, stikstofhoudende, vochtige bodems vooral daar waar organisch materiaal is gedeponneerd (Westhoff en Den Held, 1975). Ook *Typha latifolia* is bestand tegen een sterk wisselend waterniveau en treedt juist daar op waar sedimentatie optreedt of organisch materiaal oxideert (Westhoff en Den Held, 1975), terwijl *Alisma plantago-aquatica* zeer algemeen is in de natte kommen van het zoetwatergetijde gebied (Zonneveld, 1960) en op de wat drogere plekken van jonge drijftillen (Weeda, 1991). Subzone OEW-S1a bestaat dus uit leem en resten van *Phragmitetea* vegetaties, waarin wisselende water niveau's en depositie van organische materiaal plaatsvonden.

Vegetatietypen: *Phragmitetea*

Processen: Fluctuerende waterniveau's, verdrinking

Subzone OEW-S1b (796-787 cm) Detritus

Tijdens de vorming van deze subzone, die als detritus is beschreven in het laboratorium, nemen indicatoren (*Cladocera*, *Nuphar lutea*) voor contact met open water toe. De detritus is doorgroeid met *Carex* en *Phragmites australis* wortels en bevat zaden en vruchten van *Oenanthe aquatica*, *Lythrum salicaria*, *Solanum dulcamara*, *Stachys palustris* en *Ranunculus flammula*. *Oenanthe aquatica* is algemeen in afgesneden rivierarmen met sterk wisselende waterniveau's en heeft droogvallende weke modder nodig om in te kiemen (Westhoff et al., 1971 deel 2; Westhoff en Den Held, 1975). De aanwezigheid van ruderales *Filipendulion* soorten (*Lythrum salicaria*, *Stachys palustris*) en *Solanum dulcamara* is indicatief voor accumulatie van organisch materiaal in de vegetatie (Weeda et al., 1988). *Stachys palustris* is verder kenmerkend voor jonge drijfuij vegetaties, als stagnerende waterniveau's optreden, en is algemeen in *Typha* vegetaties in rivierkommen in het zoetwatergetijde gebied (Weeda et al., 1988). Van *Solanum dulcamara* is het bekend dat ze drijvende plantenresten bij elkaar houden aan de rand van oever vegetaties en zo drijfuijlvorming initiëren (Weeda et al., 1987). De vruchten van *Ranunculus flammula* wijzen op waterstands wisselingen onder meer mesotrofe en zure condities (Weeda et al., 1985). De aanwezigheid van *Sphagnum* en mogelijk wat *Ericaceae* resten bevestigen contact met zuurdere en voedselarmere milieu's. Het contact met open water uit de naaste omgeving is in deze subzone dus toegenomen. Gepaard aan sterk wisselende waterstanden is een *Carex-Phragmites* vegetatie (*Phragmitetea*, 19) ontstaan met ruderales kruiden. De *Phragmites* resten wijzen op toegenomen voedselrijkdom, hoewel ook uitwisseling met voedselarmere milieu's heeft plaats gevonden. Vegetatietypen *Phragmitetea*, *Filipendulion*

Processen: Wisselende waterstanden, verdrinking

Subzone OEW-S1c (787-747 cm) (ca. 6500- ca. 5875 BP) (ondoortwortelde) Detritus

De plantenresten uit het veen in deze subzone, dat als detritus is beschreven in het laboratorium, bestaan voor het grootste deel uit hout (40-75 %). De hoeveelheid *Carex* wortels neemt snel af tot onder de 10 %. Dit gaat samen met het afnemen van de hoeveelheid *Cladocera* in de monsters. Voordat de hoeveelheid *Carex* wortels en *Cladocera* afnemen zijn nog eerst *Menyanthes trifoliata* zaden en *Typha* spec. vruchten gevonden (monsters tussen 785-775 cm), terwijl tijdens de afname veel *Lythrum salicaria* zaden zijn gevonden samen met vruchten en nootjes van *Oenanthe aquatica*, *Lycopus europaeus* en *Carex rostrata*. Naar de top van de subzone toe verdwijnen deze taxa nagenoeg en zijn met name *Alisma plantago-aquatica* vruchten gevonden. Tevens zijn dan enige resten van boombladeren, *Alnus glutinosa*, *Betula* spec., varensporangia en van mossen gevonden. In de bovenste monsters neemt de hoeveelheid *Cladocera* weer toe en het percentage hout af, terwijl tevens een beetje *Menyanthes trifoliata* epidermis is gevonden. Het lijkt er dus op of in het onderste deel van subzone OEW-S1c de waterdiepten eerst toenemen, ten opzichte van de vorige subzone, gepaard aan minder wisselende omstandigheden (*Menyanthes trifoliata*). Vervolgens lijken de uitbreiding van ruderales kruiden (*Lythrum salicaria*, *Lycopus europaeus*), *Alisma plantago-aquatica* en *Oenanthe aquatica* en de toename van de hoeveelheden houtresten op afnemende gemiddelde waterdiepten en/of sterk wisselende waterstanden te wijzen. Maar omdat in dit deel van subzone OEW-S1c geen *Alnus* vruchten gevonden zijn, kan bijvoorbeeld de toename van hout ook wijzen op toenemende waterdiepten en de sedimentatie van detritus (grove detritus, zie § 1.3.1), terwijl de ruderales kruiden dan worden begunstigd door een sterk dynamisch karakter (bijvoorbeeld verticale waterbewegingen en vorming van aanspoelgordels) van het milieu tijdens de verdrinking. Tijdens de vorming van de bovenste monsters namen de gemiddelde waterdiepten verder toe (*Cladocera*, *Menyanthes trifoliata*, *Alisma plantago-aquatica*). Hoewel het zeer moeilijk is om de assemblages te vertalen in recente vegetatietypen zijn de meeste taxa indicatief voor *Phragmitetea* vegetaties. De enkele *Alnus* en *Betula* resten wijzen ook op de spaarzame aanwezigheid van *Carici elongatae-Alnetum* vegetaties in de oeverzone.

Vegetatietypen: open water omzoomd door *Phragmitetea*

Processen: Verdrinking, wisselende waterstanden

Subzone OEW-S1d (747-730 cm) (ca. 5875- ca. 5610 BP) (ondoortwortelde) Detritus

Een toename van met name varen resten en ook van *Carex* wortels, *Cladium mariscus* epidermis (1 %) en *Phragmites australis* resten zijn karakteristiek voor deze subzone, die in het laboratorium is omschreven als ondoortwortelde detritus. De hoeveelheid *Cladocera* zijn hoog in de hele subzone (tussen de 150 en 900 stuks). Verder zijn brachteen van *Salix* spec. en vruchten en nootjes van *Alisma plantago-aquatica*, *Alnus glutinosa*, *Betula* spec., *Berula erecta*, *Typha* spec. en *Carex sect. Acutae* regelmatig gevonden. Ook zijn zaden, vruchten en nootjes van *Menyanthes trifoliata*, ruderales kruiden (*Mentha aquatica*, *Eupatorium cannabinum*, *Lythrum salicaria*, *Urtica dioica*) en *Carex rostrata* aangetroffen, terwijl veel bladresten en één *Foraminifeer* (740 cm) gevonden zijn. De toename van varen-, ruderales kruiden-, *Cyperaceae*- en *Phragmites*-resten lijkt te wijzen op een zekere verlanding, hoewel de aanwezigheid van een *Foraminifeer*, zeer veel *Cladocera* en de ondoortwortelde staat van de detritus laten zien dat op de monsterlokatie een situatie met (ondiep ?) open water aanwezig was. Het is waarschijnlijker dat in de oevervegetatie successie naar meer terrestrische omstandigheden plaatsvond en/of dat de oevervegetatie zelf opschoof in de richting van de monsterlokatie kwam te liggen. De diverse aangetroffen taxa zijn moeilijk in vegetatiekundige termen te omvatten. Deels zijn ze indicatief voor *Carici elongatae-Alnetum* vegetaties (*Alnus*, *Salix*, *Betula*) en deels voor diverse *Phragmitetea* gemeenschappen (*Carex* spec., *Phragmites australis*, *Alisma plantago-aquatica*, *Typha* spec., *Berula erecta*). Kennelijk zijn beide vegetatie-eenheden vertegenwoordigd in de oevervegetatie van het rivierbegeleidende open water.

Vegetatietypen: open water omzoomd door Carici elongatae-Alnetum, Phragmitetea

Processen: Enige verlanding en successie

Subzone OEW-S1e (730-723 cm) (ca 5610 - ca 5500 BP)(onduurwortelde) Detritus

Zeer hoge waarden voor *Cladocera* zijn karakteristiek voor deze subzone. Hoewel *Menyanthes trifoliata* resten in de basis van de subzone en veel hout-resten en *Lycopus europaeus* vruchten in de top van de subzone zijn gevonden, zijn alle andere resten, die in de vorige subzone gevonden zijn, sterk afgenomen of verdwenen. De waterdiepten zijn ogenschijnlijk dus toegenomen en/of de oevervegetatie is verder van de monsterlokatie af komen te liggen. De oevervegetatie valt niet in termen van recente vegetatie-eenheden te vertalen, door gebrek aan kenmerkende taxa. Omdat verder *Menyanthes trifoliata* en *Lycopus europaeus* zaden en vruchten produceren met een groot drijfvermogen (Weeda et al., 1988) en andere taxa niet of nauwelijks vertegenwoordigd zijn, is het inderdaad aannemelijk dat het materiaal van subzone OEW-S1e in open water is afgezet en uit detritus bestaat.

Vegetatie typen: ?/Detritus

Processen: Verdrinking

Subzone OEW-S1f (723-714 cm) (ca. 5500 - ca 5400 BP) Klei (NC-S1[Unio-I])

Subzone OEW-S1f bestaat uit een slappe komklei, behorend bij de Oudere Unio klei (NC-S1[Unio-I], zie § 2.2.2.2). Tijdens de sedimentatie van de klei bestond de oevervegetatie hoofdzakelijk uit *Carex sect. Acutae*, *Typha spec.* en *Phragmites australis* (Phragmitetea vegetaties, 19), terwijl tevens *Cicuta virosa*, *Polygonum spec.* en wat varens aanwezig waren. De nog steeds hoge waarden voor *Cladocera* wijzen op overwegend aquatische omstandigheden. De aanwezigheid van klei, die een oeverwallen-kommen landschap vormt (zie § 2.2.2.2), samen met taxa die onder zoete condities leven, is een zeer sterke aanwijzing om aan te nemen dat de monsterlokatie deel uit maakte van een zoetwatergetijde gebied. *Cicuta virosa* is een plant die onder relatief rustige condities deel uit maakt van de initiële drijftil gemeenschap Cicuto-Caricetum pseudocyperi (19Ac2) (Westhoff et al., 1971; Westhoff en Den Held, 1975), die onder hoogstens zeer zwak brakke omstandigheden groeit en soms samen groeit met *Typha angustifolia* (Weeda et al, 1987). De monsterlokatie maakt dus gedurende de vorming van deze subzone deel uit van een komsectie in een zoetwatergetijde gebied. In de kom zelf werd subaquatisch klei afgezet terwijl de oevervegetatie bestond uit *Carex-Phragmites* gemeenschappen (Phragmitetea), die ten dele (misschien) drijftilvormend waren. Drijftilvorming in zoetwatergetijdegebieden is bekend uit het voormalig zoetwatergetijdegebied "De Biesbosch" (Zonneveld, 1960).

Vegetatietypen: Phragmitetea

Processen: zoetwatergetijde

Subzone OEW-S1g (714-668 cm) (ca. 5400- ca. 5225 BP) (onduurwortelde) Detritus

Na de sedimentatie van de klei wordt, volgens de beschrijving in het laboratorium, weer detritus afgezet in subzone OEW-S1g. In het onderste deel van de subzone zijn de waarden voor *Cladocera* nog hoog, terwijl tevens veel varensparangia, *Carex sect. Acutae* nootjes en bladresten zijn aangetroffen. Hoewel op de monsterlokatie dus nog steeds open water aanwezig was, bevestigd door de zaden van *Nymphaea alba* (Potameto-Nupharetum, 5Ab2), breidden in de oevervegetatie *Carex sect. Acutae* (Magnocaricion, 19Ca; Parvocaricetea, 27) en varens zich dus sterk uit. Tevens waren ruigtekruiden (*Lythrum salicaria*, *Eupatorium cannabinum* (Filipendulion, 25Ab) en *Epilobium palustris*), *Typha spec.*, *Carex rostrata*, *Cladium mariscus*, *Berula erecta*, *Alnus glutinosa*, *Salix spec.*, *Alisma plantago-aquatica*, *Hippuris vulgaris* en *Hottonia palustris* aanwezig. De ruigtekruiden duiden op accumulatie van organisch materiaal en de vorming van aanspoelgordels, terwijl de toename van taxa uit *Carex* vegetaties wijzen op het naderbij komen van de oevervegetatie.

Naar de top toe nemen de hoeveelheid *Cladocera* eerst af om vervolgens weer flink toe te nemen. Dit gaat samen met een sterke afname van de hoeveelheid varenresten, *Carex sect. Acutae* nootjes, *Typha spec.* vruchten en *Lythrum salicaria* zaden. *Cladocera* komen meestal niet voor in diep open water. De afname van *Carex* resten, varensparangia en ruderaal kruiden samen met een afname van het aantal *Cladocera* wijzen dan ook eerder op een toegenomen waterdiepte in vergelijking met de basis van de subzone, dan op afgenomen waterdiepten.

In de bovenste monsters gaan nu weer hoge aantallen *Cladocera* samen met resten van *Alisma plantago-aquatica*, *Alnus glutinosa*, *Menyanthes trifoliata*, ruigtekruiden (Filipendulion, 25Ab; Filipendula ulmaria, *Lythrum salicaria*, *Eupatorium cannabinum*), *Carex sect. Acutae*, *C. paniculata*, *C. pseudocyperus* en *Berula erecta*. Afnemende waterdiepten maakten het milieu niet alleen geschikt voor *Cladocera* maar ook voor diverse *Carex* soorten en ruigtekruiden, die indicatief zijn voor accumulatie van organisch materiaal. De aanwezigheid van *Carex pseudocyperus* en *Berula erecta* vormen een aanwijzing voor de aanwezigheid van de drijftilgemeenschap Cicuto-Caricetum pseudocyperi (19Ac2) en duiden samen met het voorkomen van *Menyanthes trifoliata* op rustige condities tijdens de vorming van de bovenste monsters. De meeste overige taxa zijn afkomstig van Phragmitetea (19) vegetaties, met name het Magnocaricion (*Carex spec.*) (19Ca), Filipendulion, en Carici elongatae-Alnetum (*Alnus*, *Salix*, *Carex paniculata*, *Lythrum salicaria*) vegetaties (35Aa1), die samen kennelijk het aspect van de oevervegetatie hebben bepaald.

Vegetatietypen: open water omzoomd door Magnocaricion, Cicuto-Caricetum pseudocyperi, Filipendulion, Carici elongatae-Alnetum Processen: verlanding, wisselende waterstanden

Subzone OEW-S1h (668-645 cm) (ca. 5225- ca. 5135 BP) Detritus

De hoge waarden voor varensproangia, in ieder geval deels afkomstig van *Thelypteris palustris*, en *Cladocera*, samen met de continue aanwezigheid van resten van *Alnus glutinosa*, *Alisma plantago-aquatica*, *Carex sect. Acutae* zijn karakteristiek voor deze subzone. *Carex sect. Acutae*, *C. paniculata* en *Thelypteris palustris* zijn indicatief voor Magnocaricion vegetaties, terwijl de combinatie van *Alnus*, *Carex paniculata* en *Thelypteris palustris* ook voorkomt in Carici elongatae-Alnetum vegetaties (35Aa1). Verder zijn in het onderste deel van de subzone zaden, vruchten en nootjes van *Eupatorium cannabinum*, *Lychnis flos-cuculi*, *Ranunculus lingua* en *Carex pseudocyperus* en *C. paniculata* gevonden. Hoewel op de monsterlocatie nog steeds ondiep open water overheerste (detritus !), trad in de oevervegetatie dus een successie op naar varenrijke *Carex-Alnus*-vegetaties met ruderaal kruiden. *Ranunculus lingua* is een soort die in Phragmites vegetaties voorkomt tijdens de successie naar Magnocaricion vegetaties (Westhoff en Den Held, 1975) en bevestigt daarmee de ontwikkeling van Magnocaricion in de oevervegetatie. De grote hoeveelheden bladresten in subzone OEW-S1h wijzen op ondiep water in de nabijheid van moerasbos-achtige vegetaties en bevestigen de successie in de oeverzone naar Carici elongatae-Alnetum vegetaties. Vegetatietypen: open water omzoomd door Magnocaricion, Carici elongatae-Alnetum
Processen: Verlandings

Zone OEW-S2(645-607 cm) (ca. 5135 - ca. 4990 BP) *Carex* veen met *Menyanthes*

Het veen uit deze zone is beschreven als *Carex* -veen. Het bevat veel *Carex* -wortels (30-70%) en nootjes van *Carex sect. Acutae*, *C. rostrata*, *C. paniculata* en *C. pseudocyperus*. De hoeveelheden *Cladocera* in zone OEW-S2 zijn relatief laag (0-90 stuks). Met name aan in de basis van de zone zijn zaden en vruchten van *Menyanthes trifoliata*, *Lythrum salicaria*, *Rumex spec.* en *Typha spec.* gevonden, terwijl ook de hoeveelheid varensproangia vrij hoog is. In het bovenste deel van de zone nemen de hoeveelheid varensproangia af en zijn, behalve vele *Carex* -worteltjes, met name zaden en vruchten van *Umbelliferae*, *Juncus effusus*, *Juncus articulatus* en *Juncus compressus* gevonden, samen met wat *Phragmites australis* epidermis. Verder is tussen 630 en 631 cm één *Foraminifeer* gevonden. In het onderste deel van zone OEW-S2 is er dus sprake van een verlanding in ondiep open water naar een *Menyanthes trifoliata* en *Lythrum salicaria*-rijke *Carex* vegetatie (Magnocaricion, 19Ca), waarin tevens varens groeiden. De aanwezigheid van *Menyanthes trifoliata* wijst verder op rustige niet al te eutrofe condities (Weeda et al., 1988). Naar de top van zone OEW-S2 toe, treedt er verdere successie op naar *Carex* -vegetaties met wat *Phragmites australis*, varens (deels *Thelypteris palustris*) en *Juncus* soorten. De combinatie van *Phragmites australis* en *Thelypteris palustris* wijst op de ontwikkeling van Thelypterido-Phragmitetum (19Ba8) vegetaties. De *Juncus* soorten zijn indicatief voor snelle overgangen in het milieu (zoet/zout, droog/nat, voedselrijk/arm) (Westhoff en Den Held, 1975). Omdat de conservering van de zone als geheel nogal goed is, zal de waterstand meestal minimaal net boven het venige oppervlak hebben gelegen. Het optreden van de *Juncus* soorten moet dan ook eerder te wijten zijn aan sterke wisselingen in de voedselrijkdom (verstoring) dan aan belangrijke waterstands schommelingen. De *Foraminifeer* tussen 630 en 631 cm, juist onder het niveau waar de *Juncus* soorten optreden en *Phragmites* zich wat uitbreidt, zijn een aanwijzing voor korte periodes met hoge waterstanden en/of verrijking. Vegetatietypen: Magnocaricion, Thelypterido-Phragmitetum
Processen: in aanvang verlandings, successie; naar de top toe verstoring en inundaties

Zone OEW-S3 (607-533 cm) (4990-4295 BP) Detritus/Nat *Alnus*broekbos

Tijdens de vorming van deze zone raakte de monsterlocatie opnieuw met open water bedekt (OEW-S3a). Vervolgens groeide het open water geleidelijk dicht met *Phragmites* vegetaties (OEW-S3b) en *Carex* vegetaties (OEW-S3c), terwijl in de oevervegetatie *Alnus* vegetaties tot ontwikkeling konden komen.

Subzone OEW-S3a (607-587 cm) (4990- 4805 BP) Detritus

Deze subzone is beschreven als detritus in het laboratorium. Het monster tussen 605 en 606 cm is nog licht doorworteld en bevat *Nuphar lutea* zaden en wat hout, terwijl naar de top van de subzone het veen een steeds detritischer voorkomen heeft. De analyses laten zien dat naar de top van de subzone toe het volume percentage *Carex*-worteltjes en het aantal varensproangia aanzienlijk dalen en dat het percentage hout toeneemt. Het topmonster bevat tevens veel bladresten. De aard van het veen, de vele *Nuphar* zaden (Potameto-Nupharetum, 5Ab2) en een duidelijke toename van het aantal *Cladocera* suggereren dat op de monsterlocatie een snelle overgang naar (ondiep ?) open water heeft plaatsgevonden. De ruderaal kruiden *Lythrum salicaria* en *Valeriana officinalis* (Valeriano-Filipenduletum, 25 Ab1) zullen op organische aanspoelgordels in de oevervegetatie hebben gegroeid. De oevervegetatie zelf zal verder deels uit *Carex*-soorten (*Carex sect. Acutae*, *C. rostrata*) hebben bestaan (Magnocaricion, 19ca). *Alnus glutinosa* (Carici elongatae-Alnetum, 35 Aa1) zal ook een steeds belangrijker deel hebben gevormd van de oevervegetatie, daar een toenemend aantal vruchten van *Alnus* zijn gevonden, samen met hout en bladresten. De ongeoxideerde staat van zowel het onderliggend pakket (zone OEW-S2) en de subzone als geheel veronderstellen dat de waterstand bijna nooit beneden het venige oppervlak kwam. Behalve aquatische soorten (bijvoorbeeld *Nuphar*), kunnen alleen *Phragmites australis*, *Typha angustifolia* en *Scirpus lacustris* tegen continu natte omstandigheden. Als deze soorten zich niet snel genoeg kunnen vestigen in het verdrinkend landschap, zal een situatie ontstaan met ondiep open water, waar bijvoorbeeld *Nuphar lutea* en *Cladocera* kunnen gedijen, terwijl aan de rand van het open water, ruderaal kruiden zich vestigen op bijeengegreden organisch materiaal. Vegetatietypen: Potameto-Nupharetum, Valeriano-Filipenduletum, Magnocaricion, Carici elongatae-Alnetum
Processen: Verdrinking

Subzone OEW-S3b (587-553 cm) (4805-4485 BP) Detritus met hout

De voortdurende aanwezigheid van *Alnus* vruchten samen met relatief hoge volume percentages hout definiëren deze subzone. In aanvang zijn nog redelijk veel *Cladocera* gevonden samen met wat *Phragmites* epidermis en veel *Alisma plantago-aquatica* vruchtjes. Vervolgens zijn vooral zaden en nootjes van *Menyanthes trifoliata*, *Carex pseudocyperus*, *C. rostrata* aangetroffen, terwijl tevens *Carex limosa*, *C. sect. Acutae* en *Urtica dioica* vertegenwoordigd zijn in de monsters. In de bovenste monsters neemt het volumepercentage *Carex* wortels toe en zijn vruchten van de ruderale kruiden *Eupatorium cannabinum* en *Lycopus europaeus* gevonden. In deze subzone lijkt een verlanding op te treden met een *Alnus*-rijke *Carex* vegetatie. Omdat het veen als detritus is beschreven en omdat subzone OEW-S3b volgt op een fase met ondiep open water is het waarschijnlijker dat de *Alnus* resten afkomstig zijn uit een *Alnus*-rijke *Carex* vegetatie in de oeverzone vlakbij (*Carici elongatae*-*Alnetum*, *Magnocaricion*). Op de monsterlokatie zelf nemen de waterdiepten gedurende de vorming van deze subzone af. Hierdoor kan eerst *Phragmites* zich vestigen (*Phragmition*, 19Ba). Als door voortdurende accumulatie van weinig materiaal (met name houtresten) de waterdiepten op de monsterlokatie zover zijn afgenomen dat het grondwaterniveau geregeld tot op het weinig substraat staat krijgen ook *Carex* vegetaties (*Magnocaricion*) en ruderale kruiden gelegenheid om zich te vestigen.

Vegetatietypen: *Phragmition*, *Magnocaricion*, *Carici elongatae*-*Alnetum*

Processen: Verlanding

Subzone OEW-S3c (553-533 cm) (4485 -4295 BP) Licht doorwortelde Detritus

Deze subzone, die als licht doorwortelde detritus is beschreven in het laboratorium, bestaat voornamelijk uit hout en *Carex*-wortelresten. Verder zijn zaden, vruchten en nootjes van *Menyanthes trifoliata*, *Carex paniculata*, *C. pseudocyperus*, *Oenanthe aquatica* en ruderale kruiden (*Mentha aquatica*, *Lythrum salicaria*, *Filipendula ulmaria*) gevonden. Verder is een laag volumepercentage *Sphagnum* blaadjes aangetroffen en enige percentages *Cladium mariscus* resten. *Cladocera* ontbreken volkomen in deze subzone. Een doorgaande verlanding heeft in deze subzone tot gevolg dat de *Carex* vegetaties (*Magnocaricion*, 19Ca), die zich tijdens de vorming van subzone OEW-S3b op de monsterlokatie hebben gevestigd, zich konden uitbreiden. Uit de gevonden *Oenanthe aquatica* vruchten blijkt tevens dat het substraat af en toe droog kwam te liggen en dat dus wisselingen in de grondwaterstand op zijn getreden (Westhoff en Den Held, 1975; Weeda et al., 1987). Deze condities bieden tevens een geschikt milieu voor ruderale kruiden (o.a. *Filipendulion* vegetaties). De aanwezigheid van *Menyanthes trifoliata* en *Sphagnum* spec. resten wijzen op niet al te eutrofe condities.

Vegetatietypen: *Magnocaricion*, *Filipendulion*

Processen: Verlanding, wisselende waterniveau's

Zone OEW-S4 (533-487 cm) (4295 -3860 BP)

Tijdens de vorming van deze zone groeide het open water op de monsterlokatie dicht met *Carex-Phragmites* vegetaties. In aanvang waren met name *Carex* vegetaties aanwezig, waarin ook *Alnus* lokaal groeide (OEW-S4a). Hierna onstonden *Carex* vegetaties, waarin eerst *Menyanthes trifoliata* een rol speelde (OEW-S4b), vervolgens taxa als *Carex flava* en *Potentilla palustris* (OEW-S4c) en tenslotte vooral *Phragmites australis* (OEW-S4d).

Subzone OEW-S4a (533-523 cm) (4295 -4200 BP) *Carex*-veen

Gezien het hoge percentage *Carex*-wortels en de gevonden *Alnus glutinosa* vruchten is tijdens de vorming van deze subzone de monsterlokatie geheel bedekt geraakt met een *Carex* vegetatie (*Magnocaricion*) waarin tevens wat *Alnus* gegroeid zal hebben. Verder wijzen de vele *Cladocera* en één *Nuphar lutea* zaad op contact met open water, terwijl tevens enige schimmel-vruchtlichamen en enkele varensparangia (deels van *Thelypteris palustris*), voor zover niet ingespoeld, op periodes met een grondwaterniveau op en/of beneden het weinig oppervlak wijzen. De uiteindelijke totale verlanding op de monsterlokatie in deze subzone is dus gepaard gegaan met wisselende waterstanden. Deze condities zijn tevens geschikt voor ruderale kruiden als *Mentha aquatica* en *Lythrum salicaria*. Dat het substraat geregeld droog viel wordt bevestigd door het voorkomen van *Ranunculus repens*, die karakteristiek is voor enige verdichting van de bodem. Deze verdichting hangt meestal samen met wisselende waterstanden en *R. repens* is dan ook algemeen in de ondergroei van *Salix* moerasbossen in zoetwater getijde gebieden (Weeda et al., 1985).

Vegetatietypen: *Magnocaricion*

Processen: Verlanding, verticale waterstandsfluctuaties

Subzone OEW-S4b (523-507 cm) (4200-4050 BP) *Carex* veen

Het veen uit deze subzone, dat als *Carex*-veen is beschreven in het laboratorium, bestaat voor een groot deel uit *Carex*-wortels. Behalve wat *Cladocera* zijn met name zaden van *Lythrum salicaria* en *Menyanthes trifoliata* gevonden. De *Menyanthes trifoliata* resten lijken te wijzen op meer mesotrofe en voortdurend natte condities (Weeda et al., 1988). Dit zou ook het verdwijnen van *Alnus glutinosa* kunnen verklaren omdat *Alnus* gemiddelde grondwaterstanden nodig heeft die veel lager liggen dan *Menyanthes trifoliata*. Hoewel niet erg veel aanwijzingen zijn gevonden, lijkt het dus aannemelijk dat de gemiddelde grondwaterstand iets is toegenomen tijdens deze subzone. Het uitblijven van sterke verticale waterbewegingen zal *Menyanthes trifoliata* ook hebben bevoordeeld ten opzichte van *Alnus*, omdat delen van de vegetatie dan permanent onder water staan. De veenvormende vegetatie zal gezien het hoge volume percentage *Carex*-wortels nog steeds uit *Magnocaricion* (19Ca) gemeenschappen hebben bestaan, hoewel de

combinatie van *Carex* spec. en *Menyanthes trifoliata* ook karakteristiek kan zijn voor Parvocaricetea (27) vegetaties. Verder is *Lythrum salicaria* een kentaxon van Filipendulion (25Ab) vegetaties.

Vegetatietypen: Magnocaricion, Parvocaricetea, Filipendulion

Processen: Successie, stagnerende waterniveaus

Subzone OEW-S4c (507-497 cm) (4050-3955 BP)

Diverse voor Parvocaricetea vegetaties (27) kenmerkende soorten (*Potentilla palustris*, *Carex rostrata* (27), *C. flava*, *Sagina* spec., bladmosresten (27Ba)) zijn karakteristiek voor deze subzone en zijn indicatief voor relatief eutrofe, basen- of kalkrijke laagveenmoerassen met wisselende (in duinvalleien) of juist stagnerende (trilvenen!) grondwaterstand (Westhoff en Den Held, 1975). Behalve enige *Lythrum salicaria* zaden in de basis en een *Mentha aquatica* vrucht in de top van de subzone zijn geen ruderaal kruiden gevonden. De zaden van *Juncus effusus*, *J. articulatus* type en *Juncus* spec. wijzen ook op sterk wisselende omstandigheden (nat/droog, voedselarm/voedselrijk, Westhoff en Den Held, 1975). De nootjes, zaden en vruchten van *C. sect. Acutae*, *Eleocharis palustris*, *Glyceria fluitans* en epidermis van *Phragmites australis* zijn karakteristiek voor Phragmitetea vegetaties (19) en dus voor eutrofe condities. Verder is *Salix* in de vegetatie aanwezig geweest, gezien de aangetroffen *Salix* resten (en mogelijk de ongedetermineerde bladresten). De vele *Cladocera* wijzen op overwegend natte condities tijdens de veenvorming.

Vegetatietypen: Parvocaricetea, Phragmitetea

Processen: Successie

Subzone OEW-S4d (497-487 cm) (3955-3860 BP)

In deze subzone, die als *Riet-Zeggeveen* is beschreven in het laboratorium, vormen de resten van *Phragmites australis* en *Carex* spec. de hoofdmoot van de macroresten. Tevens is hout gevonden, maar dat zal voor het overgrote deel van bovenaf ingegroeid zijn, omdat de bovenliggende laag (zone OEW-S5) vele *Betula* resten laat zien. Behalve de genoemde resten is in het onderste deel van de subzone veel *Menyanthes trifoliata* epidermis gevonden terwijl in het middelste deel van de subzone enige varensproangia wijzen op de aanwezigheid van varens. Volgend op de fase met Parvocaricetea vegetaties (subzone OEW-S4c) ontstaat er dus een *Phragmites*-rijke Phragmitetea (19) vegetatie. Normaliter wijst dit op eutrofe condities en een grondwaterstand die voor het overgrote deel van het jaar ver boven de venige ondergrond ligt (Westhoff en Den Held, 1975). Maar de aanwezigheid van *Menyanthes trifoliata* suggereert tevens, dat de omstandigheden niet erg eutroof zijn geweest (Weeda et al., 1988).

Vegetatietypen: Phragmitetea

Processen: ?

Zone OEW-S5 (487-460 cm) (3860-3655 BP) *Betula-Myrica*moerasbos.

In deze subzone zijn vooral de vele vruchten van *Betula* spec. en *Myrica gale* opvallend. Verder bestaat de zone uit *Carex*-wortels (10-30 %) en houtresten (0-15 %). In de basis van de zone zijn varensproangia gevonden, gevolgd door *Typha* spec. vruchten, *Menyanthes trifoliata* epidermis en *Cladocera* resten in de topmonsters. De combinatie van *Betula* en *Myrica gale* wijst op de aanwezigheid van een soort Betuletum pubescentis vegetatie (36Aa) die kenmerkend is voor geëutrofiëerde randen van echte hoogvenen (Westhoff en Den Held, 1975). Met name tijdens de vorming van de basis van de zone zal de nutriëntenrijkdom overwegend mesotroof zijn geweest en de grondwaterstand zal meestal net onder het weinig substraat hebben gestaan, terwijl enige schommelingen in de grondwaterstand niet uit te sluiten zijn. Kennelijk is de vegetatie geïsoleerd geraakt ten opzichte van rijkere grond- en oppervlakte water. In de top van de zone nemen indicatoren voor verrijking en hogere grondwaterstanden weer toe (*Cladocera*, *Typha* spec.).

Vegetatietypen: Betuletum pubescentis

Processen: Isolatie, verarming, verzuring, successie

Zone OEW-S6 (460-434 cm) (3655 -3460 BP) *Phragmites*-veen

Deze zone wordt gekarakteriseerd door de sterke afname van *Myrica gale* en vooral *Betula* spec. resten in de monsters en een duidelijke toename van de hoeveelheid *Phragmites australis* epidermis (1-40%), *Carex*-wortels (20-85%) en zaden van *Scirpus lacustris*. In de basis van de zone zijn verder veel *Cladocera*, *Lycopus europaeus* vruchten, *Typha* spec. vruchten en één *Foraminifeer* gevonden. Naar de top toe verdwijnen deze taxa voor het grootste deel en is een toenemende hoeveelheid resten van *Cladium mariscus* gevonden. In de zone als geheel zijn verder nog enige *Thelypteris palustris*-resten, één *Juncus compressus* zaad en één *Eupatorium cannabinum* nootje gevonden. De combinatie van *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris* en mogelijk ook *Typha* spec. wijzen op de aanwezigheid van Scirpo-Phragmitetum vegetaties (19Ba3). Deze gemeenschap is indicatief voor eutrofe milieu omstandigheden en grondwaterstanden die ver boven het weinig substraat liggen (Westhoff en Den Held, 1975). De resten van *Lycopus europaeus* en *Eupatorium cannabinum* wijzen op plaatsen in de vegetatie waar organisch materiaal bijeen is gedreven (aanspoelgordels) en droogvallend substraat (ruderaal kruiden), terwijl de aanwezigheid van *Juncus compressus* wijst op fysische verdichting van de bodem en ecologische stress omstandigheden en kleigronden met sterk wisselende waterstanden (Van der Meijden/Heukels, 1983; Westhoff en Den Held, 1975). De *Foraminifeer* maakt het aannemelijk dat de verrijking in deze zone samenhangt met een toegenomen invloed van marien water in het onderzoeksgebied. De aanvoer van kalkrijk water, als gevolg hiervan, zou de groei van *Cladium mariscus*, hebben kunnen stimuleren, omdat bekend is dat *Cladium mariscus* optimaal tot ontwikkeling komt in een kalkrijk milieu (Conway, 1942; Westhoff, 1947).

Vegetatietypen: Scirpo-Phragmitetum

Processen: Verdrinking, verrijking, inundaties met marien water

Zone OEW-S7 (434-288 cm) (3460- ? BP)

De macroresten uit deze zone laten zien dat, volgens op de *Phragmites*-rijke vegetatie uit zone OEW-S6 eerst een *Myrica/Cladium* vegetatie onstond (OEW-S7a). Vervolgens zijn met name hoogveentaxa gevonden samen met een relatief hoog aantal sklerotia van *Cenococcum geophilum* (OEW-S7b en OEW-S7c). Tot slot toont de aanwezigheid van diverse laagveentaxa in een overwegend uit *Eriophorum* bestaande vegetatie aan dat de oligotrofe vegetatie verrijkt werd, waardoor deze zich niet op de lokatie kon handhaven.

Subzone OEW-S7a (434-323 cm) (3460-2080 BP)

Het veen uit deze subzone bevat veel resten van *Cladium mariscus* (epidermis, bladresten, nootjes), terwijl tevens relatief veel vruchten van *Myrica gale* gevonden zijn. Tot en met 361 cm zijn redelijk veel *Cladocera* gevonden. Verder zijn in de onderste deel van de subzone *Lychnis flos-cuculi* zaden aangetroffen. Ook zijn in het monster tussen 390 en 391 cm nog 7 *Carex lasiocarpa* nootjes gevonden en tussen 400 en 401 cm nog twee *Foraminiferae*. Tussen de 385 en 360 cm verdwijnen de resten van de meeste taxa en is in hoofdzaak *Cladium mariscus* epidermis aangetroffen. Boven de 360 cm zijn opnieuw weer veel *Myrica* resten gevonden maar nu samen met resten van *Andromeda polifolia* en *Erica tetralix*. Deze laatste twee taxa verdwijnen echter weer spoedig uit de macroresten. De combinatie van *Myrica* en *Cladium* is niet bekend uit huidige vegetatie typen. *Cladium mariscus* is karakteristiek voor Cladietum marisci vegetaties (19Ca1), die over het algemeen karakteristiek zijn voor kalkrijke condities (in ieder geval niet voor sterk kalkarme milieu's), eutroof tot mesotroof water en vaak sterk wisselende waterstanden. *Myrica gale* komt voor op matig tot zeer natte, zure veengronden en wordt vooral gevonden op lokaties die 's winters onder water staan en 's zomers juist droog vallen (Weeda et al, 1985). Over het algemeen zijn *Myrica* struwelen soorten arm (Weeda et al. 1985). Verder staat *Myrica gale* vermeld als differentiërend taxon van de Parvocaricetea (27) en het Betuletum pubescentis (36Ab1), terwijl het een dominant kentaxon is van het Myricetum gale (32Aa1). Met name de laatste associatie is kenmerkend voor beginnende hoogveenvorming in laagveen gebieden, terwijl het Betuletum pubescentis kenmerkend is voor verrijkte randen van echte hoogvenen (Westhoff en Den Held, 1975). *Carex lasiocarpa* komt over het algemeen zowel voor in de kalkmijdende (Caricion curto-nigrae, 27Aa) als ook voor in kalkminnende (Scorpidio-Caricetum diandrae, 27Ba1) Parvocaricetea gemeenschappen (27). *Lychnis flos-cuculi* is een kentaxon van het Calthion palustris (25Aa), karakteristiek voor natte en vaak mineraalrijke natte venige bodems. Zowel *Lychnis flos-cuculi* zowel als *Cladium mariscus* kunnen zwak brakke condities verdragen en groeien optimaal in zuurstof rijk water (Westhoff, 1949; Westhoff en Den Held, 1975). In deze subzone zet de vorming van *Cladium mariscus* vegetatie zich door. De aanwezigheid van met name *Myrica gale* en gedurende een korte fase van *Andromeda polifolia* en *Erica tetralix* lijkt tevens te wijzen op ontwikkelingen in de richting van hoogveenvegetaties. Dat de hoogveenvorming niet kon doorzetten zal hebben samengehangen met een doorgaande verrijking van de vegetatie. Uit boorprofiel V blijkt dat het veen uit deze subzone in de richting van het open water (oostelijke richting) lateraal overgaat in *Zegge*-venen en in westelijke richting overgaat in oligotrofe vegetaties. Kennelijk vormde de lokatie de steeds maar weer verrijkte overgangszone tussen eutrofe oevervegetaties en meer oligotrofe hoogveen vegetaties.

Vegetatietypen: Cladietum marisci, Myricetum gale

Processen: successie, regelmatige verrijking in verarmend milieu

Subzone OEW-S7b (323 -307 cm) (2080-1880 BP)

Het veen uit deze subzone bestaat voor het overgrote deel fijne rode worteltjes die als *Ericaceae* wortelresten zijn beschouwd, terwijl tevens zaden van *Andromeda polifolia* zijn gevonden. Verder zijn met name zeer veel *Myrica gale* vruchten aangetroffen en is één *Betula* spec. vrucht gevonden. Ook zijn nog enkele *Lychnis flos-cuculi*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Calluna vulgaris* en *Erica tetralix* zaden en vruchten gevonden, samen met een relatief hoog aantal sklerotia van *Cenococcum geophilum*. *Cladium mariscus* resten zijn niet meer aanwezig. De dominantie van *Myrica gale* lijkt te wijzen op de aanwezigheid van Myricetum gale vegetaties (32Aa1). Omdat deze associatie met name goed tot ontwikkeling komt op meer zure bodems tijdens de ontwikkeling naar hoogveenvegetatie in laagveengebieden (Westhoff en Den Held, 1975), hangt het verdwijnen van *Cladium* samen met een verzuring van het milieu en isolatie ten opzichte van de verrijkende invloeden. Dat het milieu inderdaad naar de oligotrofe kant ging blijkt uit het voorkomen van *Ericaceae*. De combinatie van *Andromeda polifolia*, een taxon van afbrekende bult vegetaties in echte hoogvenen (Westhoff en Den Held, 1975), en de sklerotia van *Cenococcum geophilum* wijzen op relatief droge omstandigheden. Het voorkomen van *Hydrocotyle vulgaris* zou ook in de richting van zuurdere condities kunnen wijzen (Weeda et al, 1987).

Vegetatietype: Myricetum gale

Processen: verzuring, isolatie, verdroging

Subzone OEW-S7c (307-297 cm) (1880-1750 BP)

Behalve een groot aandeel onbepaald materiaal zijn met name *Ericaceae* wortelresten gevonden in deze subzone. Tevens zijn zaden en vruchten van *Calluna vulgaris*, *Erica tetralix* en *Myrica gale* gevonden samen met een relatief hoog aantal sklerotia van *Cenococcum geophilum*. De sklerotia wijzen op een doorgaande verdroging van het vegetatieoppervlak. De doorgaande verdroging en de afnemende hoeveelheid nutriënten in het milieu hebben kennelijk een achteruitgang van de vitaliteit van *Myrica* veroorzaakt en het uitbreiden van *Ericaceae* in de vegetatie.

Vegetatietypen: ?

Processen: verdroging, verarming

Subzone OEW-S7d (297-288 cm) (1750- ? BP)

Het veen uit deze subzone bevat in hoofdzaak epidermisresten van *Eriophorum vaginatum*. Tevens zijn veel *Carex*-wortelresten en *Phragmites*-resten aangetroffen. De aanwezigheid van beide zal deels veroorzaakt zijn door doorgroeiing van deze subzone van bovenaf (zie OEW-S8). Verder zijn zaden, vruchten en nootjes van *Calluna vulgaris*, *Carex sect. Acutae*, *C. sect. Rostratae*, *Juncus effusus*, *J. articulatus*, *Hypericum spec.*, *Sagina nodosa*, *Phyteuma spec.* en *Glyceria maxima* aangetroffen. Het bovenste monster bevat tevens een groot aantal *Cladocera*. De vegetatie zal voor het overgrote deel uit *Eriophorum vaginatum* hebben bestaan. De aanwezigheid van resten van taxa uit laagveenvegetaties wijst op een duidelijke toename van de hoeveelheid nutriënten in het milieu. Uiteindelijk ging dit gepaard aan een zekere vernatting van de vegetatie (*Cladocera*).

Vegetatietype: ?

Processen: verrijking, vernatting

Subzone OEW-S8 (288-275 cm)

Deze subzone vertegenwoordigt de uiteindelijke verdrinking van de hoogveenvegetatie. In aanvang is een klein percentage *Sphagnum spec.* resten gevonden, maar naar boven toe wordt het veen alleen gevormd door *Phragmites*- en *Carex*-resten. Tevens zijn zaden, vruchten en nootjes van *Lythrum salicaria*, *Mentha aquatica*, *Alisma plantago-aquatica*, *Echinodorus spec.*, *Juncus effusus*, *J. articulatus*, *Carex sect. Acutae* en *C. sect. Rostratae* gevonden samen met hoge aantallen *Cladocera*. Met name de grote hoeveelheid *Cladocera* laten zien dat de verrijking van de voordien meso- tot oligotrofe vegetatie gepaard ging aan een verdrinking van de vegetatie.

Processen: verdrinking, verrijking

SRW1-kern

Zone SRW1-S1 (719-679 cm) (? -5290 BP) Elzenbroekbos

Tijdens de vorming van deze zone, die de basis van de SRW1 sectie vormt, ontwikkelde zich eerst een *Alnus-Betula*-moerasbos vegetatie op de monsterlokatie (SRW1-S1a), terwijl de veenvormende vegetatie uit het bovenste deel van zone SRW1-S1 uit *Alnus glutinosa* en *Carex spec.* is opgebouwd, waarin indicatoren voor verticaal beweeglijk grondwater zijn aangetroffen (SRW1-S1b).

Subzone SRW1-S1a (719-704 cm) Verdrinkend Pleistocene substraat

Subzone SRW1-S1a vormt de basis van de SRW1 sectie en bestaat deels uit de zandige top van het Pleistocene substraat. De monsters worden gekenmerkt door hoge aantallen *Alnus glutinosa* en *Betula spec.* vruchten en niet verder gedetermineerde overblijfselen van knopschubben, boombladeren, hout en bladabscissies. Verder zijn zaden van *Juncus effusus* en *Solanum dulcamara* in het onderste deel en vruchten en nootjes van *Rumex spec.*, *Carex sect. Acutae* en *Umbelliferae* in het bovenste deel van de subzone aangetroffen. Ook zijn met name in het bovenste deel van de subzone veel *Cladocera* resten gevonden. *Solanum dulcamara* is niet alleen een kentaxon van het *Alnion glutinosae* (35Aa), waarin het *Carici elongatae-Alnetum* (35Aa1) is ondergebracht, maar is ook een regelmatige verschijning in diverse *Phragmitetea* (19) gemeenschappen. Ook de *Carex sect. Acutae* soorten zijn voor het grootste deel terug te vinden in *Phragmitetea* gemeenschappen en wel overwegend in het *Magnocaricion* (19Ca), hoewel enkele taxa uit deze groep ook indicatief zijn voor *Parvocaricetea* (27) vegetaties (*Carex nigra*). Hoewel *Juncus effusus* in verscheidene vegetaties aangetroffen kan worden (*Oxycocco-Sphagnetes* (29) en *Molinio-Arrhenatheretea* (25)), heeft het taxon in de recente vegetaties zijn optimum in oligotrafente storingsgemeenschappen (*Sociatie van Juncus effusus*, 16Ab11) en is dus min of meer karakteristiek voor voedselarme en zure milieu's met enige verstoring in de nutriënten huishouding (Westhoff en Den Held, 1975). De grote hoeveelheid *Alnus glutinosa* resten, in combinatie met *Betula spec.* resten is indicatief voor *Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis* (35Aa1e) vegetaties. Deze subassociatie van het *Carici elongatae-Alnetum* is kenmerkend voor relatief zuur en voedselarm substraat met stagnerend grondwater (Westhoff en Den Held, 1975). De stijgende aantallen *Cladocera* in de subzone laten zien dat de ontwikkeling van een *Elzen-Berkenbroekbos* op Pleistoceen substraat gepaard is gegaan aan een toenemende vernatting van de vegetatie. De relatief voedselarme en zure condities van het grondwater tijdens de initiële veenvorming wijst op een relatief voedsel- en kalkarm substraat.

Vegetatietypen: *Carici elongatae-Alnetum betuletosum pubescentis*, *Magnocaricion*

Processen: Vernatting en beginnende veenvorming

Subzone SRW1-S1b (704-678 cm) (? - 5290 BP) *Alnus-Carex*-moerasbos

De voortdurende aanwezigheid van vruchten van *Alisma plantago-aquatica* in en het verdwijnen van *Betula spec.* resten uit de monsters zijn karakteristiek voor deze subzone. In aanvang (monster 703) kon *Betula* zich nog handhaven, hoewel de condities voortdurend natter werden, getuige de vele *Cladocera* en vruchten van *Alisma plantago-aquatica* tussen de 703 en 704 cm. Voor zover niet uit de omgeving ingewaaid wijzen de zaden van *Erica tetralix* en *Calluna vulgaris* in dit monster er wel op dat de beginnende vernatting niet direct met een sterke verrijking gepaard ging, maar dat in aanvang meso- tot oligotrofe condities overheersten. Boven de 703 cm zijn met name vruchten en nootjes van *Alnus glutinosa*, *Alisma plantago-*

aquatica en *Carex sect. Acutae* gevonden, samen met zaden, nootjes en vruchten van *Carex pseudocyperus*, *Umbelliferae*, *Typha spec.*, *Rumex spec.* en *Solanum dulcamara*. *Alisma plantago-aquatica* is niet alleen een algemene soort in Nederlandse zoetwatergetijdgebieden, waar het 15 cm onder de gemiddelde hoogwaterlijn in de kleiige kommen langs open water voorkomt (Zonneveld, 1960; Westhoff et al., 1971; Weeda et al., 1991), maar is ook een kentaxon van *Phragmitetea* vegetaties (19) en verschijnt daarin als het substraat regelmatig droogvalt, omdat het taxon een zekere doorluchting van de bodem prefereert (Weeda et al., 1991). Ook *Carex sect. Acutae*, *C. pseudocyperus* en *Typha spec.* zijn kenmerkend voor *Phragmitetea* vegetaties. Boven de 703 cm openbaart zich dus een duidelijke verschuiving van *Alnus-Betula* vegetaties naar *Alnus-Carex/Alisma* vegetaties voor. Deze vegetatieovergang is kenmerkend voor een vernatting en verrijking van de vegetatie. Omdat de condities kennelijk niet te nat zijn geweest voor *Alnus glutinosa*, moet het verdwijnen van *Betula* primair aan toegenomen voedselrijkdom van het grondwater worden geweten. Deze ontwikkelingen gaan hoofdwarschijnlijk samen met enige verticale grondwaterbewegingen. Vegetatietypen: *Carici elongatae-Alnetum*, *Phragmitetea*
Processen: verrijking, fluctuerende waterstanden

Zone SRW1-S2 (678-583 cm) (5290-4710 BP)

Tijdens de vorming van zone SRW1-S2 werd de vegetatie gedomineerd door *Carex*-soorten. Eerst ontstond een bladmosrijke *Carex pseudocyperus* vegetatie (SRW1-S2a), gevolgd door een *Menyanthes trifoliata*-rijke *Carex* vegetatie met wat *Alnus glutinosa* (SRW1-S2b). Hieruit ontwikkelde zich een vegetatie die met name door *Menyanthes trifoliata* gedomineerd werd (SRW1-S2c), gevolgd door een vegetatie die voornamelijk uit *Carex*-soorten bestond en aanwijzingen verschaft voor een afnemend nutriënten aanbod (SRW1-S2d). Na een fase met *Carex spec.*, *Phragmites*, *Thelypteris palustris* en *Cladium mariscus* (SRW1-S2e) ging *Alnus glutinosa* weer deel uitmaken van de vegetatie samen met *Carex sect. Acutae* (SRW1-S2f).

Subzone SRW1-S2a (678-677) (5290-5280 BP) *Carex pseudocyperus* met mossen

Deze subzone, die maar op één monster gebaseerd is, wordt gekarakteriseerd door hoge aantallen *Carex pseudocyperus* nootjes. Verder zijn twee *Echinodorus spec.* vruchten, één *Carex sect. Acutae* nootje en twee *Alnus* vruchten gevonden. Het veen zelf bestaat voor het grootste deel uit *Carex*-wortels (60%) en bladresten (15%) met een beetje mos- en houtresten. *Carex pseudocyperus* is een kentaxon van het *Cicution virosae* (19Ac), die zich ontwikkelt boven een laag sapropelium in open water met een diepte van één tot enkele decimeters, en is kenmerkend voor verlanding met drijfkillen. Ook kan *Carex pseudocyperus*, meestal als relict van verlanding met drijfkillen, deel uitmaken van *Elzenbroekbossen* (*Carici elongatae-Alnetum* (35Aa1) (Weeda et al., 1985). De vegetatieovergang in deze subzone is echter eerder karakteristiek voor verdrinking en een overgang naar een vegetatie die indicatief is voor een jonger stadium van verlanding dan voor een doorgaande successie in de *Elzenbroekbossen* uit de vorige subzone. Dit kan verklaard worden uit een afname van de verticale grondwaterbewegingen, een snelle stijging van het gemiddelde grondwaterniveau ten opzichte van het weinig substraat of een combinatie van beide. In beide gevallen ontstaat een milieu dat ongeschikter is voor *Alnus*, omdat steeds grotere delen van de vegetatie permanent onder een laag water komen te staan. De aanwezigheid van *Echinodorus spec.* (waarschijnlijk *E. ranunculoides*) is indicatief voor isoëtidegemeenschappen van oligotroof tot mesotroof (soms eutroof), ondiep water en een meestal droogvallend zandig of weinig substraat. Mogelijk traden er dus nog wel enige verticale grondwaterbewegingen op en moet het ontstaan van de *Carex pseudocyperus* vegetatie dus eerder als een gevolg van een toegenomen gemiddelde grondwaterstand worden gezien. De aanwezigheid van *Echinodorus* is verder indicatief voor een afnemend contact met rijk grond- en oppervlaktewater. De aanwezigheid van *Alnus* kan gezien worden als een relict uit de voorafgaande vegetatie.

vegetatietypen: *Cicution virosae*

Processen: Verdrinking, verticale waterbewegingen

Subzone SRW1-S2b (677-647 cm) (5280-5100 BP) *Carex-Alnus* vegetatie met *Menyanthes trifoliata*

Het veen uit deze zone bestaat uit *Carex*-wortels (10%), hout (25-50%), bladresten (5-25%) en epidermis van *Menyanthes trifoliata*. Verder zijn voortdurend lage aantallen *Carex sect. Acutae* nootjes gevonden, terwijl ook vruchten, nootjes en zaden van *Alnus glutinosa*, *Carex pseudocyperus*, *Menyanthes trifoliata*, *Alisma plantago-aquatica*, *Umbelliferae* en *Solanum dulcamara* regelmatig aangetroffen zijn. Ook zijn in zeer lage aantallen *Sphagnum spec.* bladresten gevonden. De combinatie van *Alnus* en *Solanum dulcamara* is kenmerkend voor het *Alnion glutinosae* (35Aa), hoewel *Solanum dulcamara* ook in *Phragmition* vegetaties (19Ba) tot ontwikkeling komt op bijeengegreden organisch materiaal. De overige taxa zijn algemeen in *Phragmitetea* (19) vegetaties. *Menyanthes trifoliata* treedt ook op in *Phragmitetea* vegetaties (met name het *Cicuto-Caricetum pseudocyperis* (19Ac2) en het *Magnocaricion* (19Ca)(*Cladietum marisci*, 19Ca1)/*Caricetum acuto-vesicaria*, 19Ca5), maar heeft zijn optimum in *Parvocaricetea* vegetaties (27), met name het *Caricion curto-nigrae* (27Aa1) (Westhoff en Den Held, 1975). In ieder geval wijst de aanwezigheid van het taxon op enige verarming van het milieu, waterstanden op of boven het weinig substraat gedurende het hele jaar (Weeda et al., 1988). De aanwezigheid van *Alnus* lijkt hiermee in tegenspraak, omdat dit taxon periodes met waterstanden onder het weinig substraat nodig heeft voor een vitale ontwikkeling. Mogelijkerwijze is een soort mozaïek vegetatie ontstaan met plaatsen die droog zijn gevallen en geschikt zijn geweest voor *Alnus* en plaatsen die permanent onder water hebben gestaan en waar een verlanding met *Carex* vegetaties optrad. Het ontstaan van deze vegetatiestructuur is te verklaren door afnemende verticale grondwaterbewegingen ten opzichte van de vorige subzone te veronderstellen. Hierdoor zullen de lokaties waar tijdens de vorming van subzone SRW1-S2a *Alnus* groeide, geschikt blijven voor verder groei van *Alnus*,

terwijl tegelijkertijd de natte plaatsen in de vegetatie uit subzone SRW1-S2a permanent onder water kwamen te staan en geschikt werden voor de groei van *Carex/Menyanthes trifoliata* vegetaties. Omdat *Alnus* zich niet lijkt uit te breiden, is het areaal droge plekken tijdens deze gebeurtenis niet toegenomen. Omdat dit wel te verwachten valt bij sterk afgenomen verticale grondwaterbewegingen, is het waarschijnlijk dat tegelijkertijd de stijging van de grondwaterstand snel genoeg is geweest om het areaal droge plekken met *Alnus* relatief klein te houden.

Vegetatietypes: Phragmitetea, Alnion glutinosae

Processen: Verdrinking, afnemende verticale waterstandsfluctuaties

Subzone SRW1-S2c (647-620 cm) (5100-4935 BP) *Carex-Menyanthes* vegetaties

In deze subzone zijn geen de resten van *Alnus glutinosa* meer gevonden. Wel is relatief veel *Menyanthes trifoliata* epidermis gevonden en één zaad van *Menyanthes trifoliata*. Ook zijn enkele nootjes van *Carex sect. Acutae* en *C. pseudocyperus* gevonden, samen met enkele varensproangia, deels van *Thelypteris palustris*. Verder zijn nog *Phragmites australis* epidermis en *Stratiotes aloides* echinae aangetroffen. Zowel *Cladocera* als vruchtlichamen van schimmels zijn in lage aantallen gevonden. Het veen is verder zeer goed geconserveerd en bestaat voor het grootste deel uit *Carex*-wortels en onbekend epidermis. De combinatie van *Carex sect. Acutae*, *C. pseudocyperus*, *Phragmites australis*, *Thelypteris palustris* en *Menyanthes trifoliata* wordt gevonden in Phragmitetea (19) vegetaties (zie subzone SRW1-S2b). Met name de vele *Menyanthes trifoliata* resten wijzen op grondwaterstanden die permanent boven het venig oppervlakte staan (Weeda et al., 1988). De enkele vruchtlichamen van schimmels zijn dan ook mogelijk het resultaat van inspoeling. In ieder geval is het milieu te nat geweest voor de groei van *Alnus*, die in deze subzone uit de vegetatie verdwenen lijkt. Het natte karakter van de vegetatie wordt bevestigd door de goede conservering van het veen en de aangetroffen indicatoren voor natte condities (*Cladocera*, *Stratiotes aloides*). *Stratiotes aloides* groeit in verlandingszones in mesotroof water tot 1 m diep boven een dikke sapropelium laag (Hydrocharito-Stratiotetum, 5 Bb1), terwijl *Cladocera* reeds in ondiep water voorkomen en aangepast zijn aan droogvallend substraat.

Vegetatietypen: Phragmitetea, Hydrocharito-Stratiotetum

Processen: Vernatting

Subzone SRW1-S2d (620-610 cm) (4935 - 4875 BP) *Carex* vegetatie

Het veen uit deze subzone bestaat voor het overgrote deel uit *Carex*-resten terwijl tevens zaden, nootjes en vruchten van *Carex sect. Rostratae* (*C. rostrata*; *C. vesicaria*), *Menyanthes trifoliata*, *Potentilla palustris*, *Hydrocotyle vulgaris* en *Carex sect. Acutae* zijn gevonden. Deze combinatie wordt gevonden in Caricetum acuto-vesicaria comaretosum (19Ca5) vegetaties als ook in Parvocaricetea vegetaties (27). Het Caricetum acuto-vesicaria comaretosum vormt een vegetatieeenheid in matig eutroof stagnerend grondwater in contact zones tussen voedselrijker en voedselarmer water. Verder wijst de voortdurende aanwezigheid van *Lythrum salicaria* zaden op accumulatie van organisch materiaal in de vegetatie (Westhoff en Den Held, 1975). Hoewel het niet uit te maken is welke plantengemeenschappen daadwerkelijk deel hebben uit gemaakt van de veenvormende vegetatie tijdens de vorming van deze subzone, is het wel aannemelijk dat de trofiegraad van het water iets is afgenomen ten opzichte van de vorige subzone en dat de waterstand weinig verticaal beweeglijk zal zijn geweest.

Vegetatietypen: Caricetum acuto-vesicaria comaretosum, Parvocaricetea

Processen: stagnerende waterstandsfluctuaties, verarming, successie

Subzone SRW1-S2e (610-600) (4875 - 4815 BP) *Phragmites-Carex* vegetaties met varens

Deze subzone wordt gekarakteriseerd door hoge aantallen *Phragmites australis* epidermis en *Carex*-resten. Verder zijn zaden, nootjes en vruchten van *Cladium mariscus*, *Carex sect. Acutae*, *Typha spec.*, *Lythrum salicaria*, *Ranunculus spec.* en *Hydrocotyle vulgaris* gevonden, terwijl tevens relatief veel *Cladocera* en varensproangia (deels van *Thelypteris palustris*) gevonden zijn. De vele *Phragmites* resten samen met *Typha* kunnen afkomstig zijn van Phragmition vegetaties (19Ba). *Carex sect. Acutae* vertegenwoordigt taxa uit Caricion curto-nigrae vegetaties (27Aa) zowel als uit Magnocaricion vegetaties (19Ca). *Cladium mariscus* is karakteristiek voor Cladietum marisci vegetaties (19Ca1) en is indicatief voor verlanding in eutroof kalkrijke, soms brak, water, vooral waar sterke verticale waterbewegingen optreden. *Cladium mariscus* kan onder dergelijke condities de *Rietzoom* langs open water vervangen (Westhoff en Den Held, 1975, pag 142). De aanwezigheid van het kalkmijdende verbond Caricion curto-nigrae is hiermee niet erg waarschijnlijk en de *Carex sect. Acutae* resten zullen dus afkomstig zijn uit Magnocaricion vegetaties. *Lythrum salicaria* is indicatief voor plaatsen waar organisch materiaal is gedeponeed en komt ook voor in open *Alnus*-rijke vegetaties (Westhoff en Den Held, 1975; Weeda et al., 1987). Omdat varens (*Thelypteris palustris*) periodes met lage grondwaterstanden nodig hebben en *Cladocera* periodes met hogere grondwaterstanden lijkt de aanwezigheid van beide indicatief voor kleine verticale wisselingen in het grondwaterniveau. Omdat de taxa, die karakteristiek zijn voor matig eutrofe tot mesotrofe condities, verdwijnen in deze subzone (*Menyanthes trifoliata*, *Potentilla palustris*, *Hydrocotyle vulgare*), lijken de opgetreden verticale waterstandswisselingen gepaard te zijn gegaan met enige verrijking van het milieu.

Vegetatietypen: Cladietum marisci, Phragmition, Magnocaricion

Processen: Verrijking, verticale waterstandsfluctuaties

Subzone SRW1-S2f (600-583 cm) (4815-4710 BP)

Het veen uit deze subzone is overwegend opgebouwd uit *Carex*-resten met een klein aandeel *Phragmites australis* epidermis en houtresten. Tussen diepte 596 en 584 cm maakte een groot brok hout monstereen onmogelijk. Verder zijn zaden, nootjes en vruchten van *Carex sect. Acutae*, *Alnus glutinosa*, *Eupatorium cannabinum* en *Lythrum salicaria* aangetroffen. De overgang van *Phragmites-Carex* vegetaties naar *Carex* vegetaties (Magnocaricion, 19Ca) met ruderaal kruiden (*Lythrum salicaria* en *Eupatorium cannabinum*; Filipendulion, 25 Ab) waarin tevens opslag van *Alnus glutinosa* optrad is karakteristiek voor doorgaande accumulatie van organisch materiaal en is een normale ontwikkeling tijdens successie naar *Elzenbroekbos* vegetaties (Carici elongatae-Alnetum, 35Aa1). Dit stadium is vertegenwoordigd in deze subzone.

Vegetatietypes: Phragmitetea (Magnocaricion), Filipendulion

Processen: Successie

Zone SRW1-S3 (583-509 cm) (4710-4000 BP)

In deze fase ontwikkelde zich een *Alnus*-rijke vegetatie op en rond de monsterlokatie. In aanvang ontstond door successie een *Elzenbroekbos* (SRW1-S3a). Hieropvolgend ontstond een nat *Elzenbroekbos* type rijk aan *Alisma plantago-aquatica* (SRW1-S3b), kort onderbroken door een *Thelypteris palustris*-rijke fase en opnieuw gevolgd door de ontwikkeling van een nat en open *Elzenbroekbos* (SRW1-S3c) waarin behalve *Alisma plantago-aquatica* nu ook *Menyanthes trifoliata* aanwezig is.

Subzone SRW1-S3a (583-563 cm) (4710-4525 BP) *Elzenbroekbos* met *Carex sect. Acutae*

Het veen uit deze subzone bestaat voornamelijk uit hout- en bladresten en diverse onbekende plantenresten. In de basis van de subzone is tevens wat *Menyanthes trifoliata* epidermis gevonden. Verder zijn veel *Alnus glutinosa* vruchten, enkele *Carex sect. Acutae* nootjes en één *Lythrum salicaria* zaad gevonden. Het monster tussen 577 en 578 cm bevat verder veel *Alnus glutinosa* antheren, enkele knopschubben, een bladabscissie en veel resten van *Lophopus cristalinus*, een *Bryozo*. In deze fase is de ontwikkeling van *Elzenbroekbos* kennelijk doorgestaan. Als een *Carex*-moeras veranderd in een *Elzenbroekbos* kan *Menyanthes trifoliata* zich handhaven op natte plekken doordat de plant met name in de lente actief is en zo beschaduwde kan "ontwijken" (Weeda et al, 1988). De aanwezigheid van *Menyanthes trifoliata* is ook indicatief voor matig eutrofe tot mesotrofe condities (Weeda et al, 1988). Soorten van de groep *Carex sect. Acutae*, die met name kenmerkend zijn voor Magnocaricion vegetaties (19Ca), zullen rond de natte plekken hebben gestaan, terwijl *Lythrum salicaria* een plant is van lokaties in broekbossen en Phragmitetea vegetaties waar accumulatie van organisch materiaal plaatsvindt (Filipendulion, 25 Ab). Hoe dan ook in deze fase is de successie naar terrestrische vegetaties verder gegaan en is een *Elzenbroekbos* ontstaan. De gemiddelde grondwaterstand is in deze fase dus afgenomen tot op of net onder het substraat, hoewel ook natte (open) plekken voorkwamen.

Vegetatietype: Carici elongatae-Alnetum, Magnocaricion

Processen: Successie

Subzone SRW1-S3b (563-545 cm) (4525-4365 BP) *Elzenbroekbos* met *Alisma*, *Lythrum* en *Umbelliferae*

Het veen uit deze subzone bestaat voor het grootste deel uit *Carex* wortels (10-30%) en houtresten (25-30%) samen met een groot aandeel onbekende plantenresten (30-60%). Verder zijn nootjes en vruchten van *Alnus glutinosa*, *Alisma plantago-aquatica* en *Carex pseudocyperus* gevonden. De afname van indicatoren voor *Elzenbroekbos* vegetaties (Carici elongatae-Alnetum, 35Aa1) en de toename van indicatoren voor *Carex* vegetaties is niet karakteristiek voor een doorgaande successie. Het verdwijnen van *Menyanthes trifoliata* van de natte plekken en de binnenkomst van *Alisma plantago-aquatica*, indicatief voor wisselende waterstanden en doorluchting van de bodem (Weeda et al., 1991), in de natste delen van de vegetatie, kan veroorzaakt zijn door een toename van de verticale waterbewegingen of doordat het milieu voedselrijker is geworden. Mogelijk zijn beide verschijnselen opgetreden. De condities voor het overleven van *Alnus glutinosa* zijn in ieder geval minder gunstig geworden en de gemiddelde hoogte van de grondwaterstand zal dan ook zijn toegenomen ten opzichte van de vorige subzone.

Vegetatietypes: Carici elongatae-Alnetum, Phragmitetea

Processen: Verdrinking, fluctuerende waterniveaus

Subzone SRW1-S3c (545-509 cm) (4365-4000 BP) Varen en *Lythrum salicaria* in *Elzenbroekbos*

In deze subzone is het veen nog steeds in hoofdzaak opgebouwd uit *Carex*-resten (10-60%), houtresten (10-35%) en onbekende resten (10-55%). Ook zijn bladresten in redelijk hoge aantallen gevonden (0-20%). Het belangrijkste verschil met de voorafgaande subzone dat nu *Menyanthes trifoliata* epidermis in de gehele subzone is gevonden. In de basis van de subzone (545-544 cm) neemt eerst het aandeel *Thelypteris palustris*-resten sterk toe, terwijl ook *Lythrum salicaria* zaden zijn gevonden en veel schimmel-vruchtlichamen. In de overige monsters zijn nootjes en vruchten van *Umbelliferae*, *Lythrum salicaria*, *Ranunculus spec.*, *Alisma plantago-aquatica* en *Alnus glutinosa* aangetroffen, terwijl het aantal *Thelypteris palustris*-resten sterk achteruit gaat en de hoeveelheid *Cladocera* en schimmel-vruchtlichamen iets toenemen. De toename van *Thelypteris palustris* in het onderste deel van deze subzone lijkt te wijzen op een afnemende vernatting van de vegetatie. Voor zover de schimmel-vruchtlichamen niet zijn ingespoeld in de vegetatie, vormen ze een aanwijzing voor een regelmatig droogvallend substraat in dit deel van de subzone. Vervolgens trad er opnieuw een vernatting op die aanleiding gaf tot het terugkeren van de vegetatie uit subzone SRW1-S3b, maar nu rijk aan *Menyanthes trifoliata* en dus karakteristiek voor matig eutrofe tot mesotrofe condities en de afwezigheid van sterke verticale grondwaterbewegingen (Weeda et al., 1988). De aanwezigheid van

Cladocera en schimmel-vruchtlichamen is dan te verklaren uit een mozaïekachtige vegetatiestructuur met natte plekken, die haast nooit droogvallen, rijk aan *Menyanthes trifoliata* en drogere plekken met *Alnus glutinosa* die af en toe droog kwamen te liggen. Omdat de hoeveelheid *Carex*-resten naar de top toeneemt en de hoeveelheid boomresten afneemt, is het waarschijnlijk dat er voortdurend sprake was van toenemende waterdiepten en dat de vele *Alnus glutinosa* vruchten in het bovenste monster afkomstig zijn uit de directe omgeving en dat *Alnus glutinosa* dus niet op de monsterlocatie groeide in die fase.

Vegetatietypen: Carici elongatae-Alnetum, Phragmitetea

Processen: doorgaande vernatting onderbroken door drogere fase

Zone SRW1-S4 (509-473 cm) (4000- 3775 BP)

Tijdens de vorming van deze zone werd de vegetatie gedomineerd door *Carex*-soorten en *Phragmites australis*, gezien het grote aandeel resten van deze taxa in de macroresten. Tussen 508 en 509 cm zijn tevens veel bladmosresten aangetroffen, iets *Sphagnum* spec., samen met zaden, nootjes en vruchten van *Carex pseudocyperus*, *Cicuta virosa*, *Alisma plantago-aquatica*, *Potentilla palustris*, *Lythrum salicaria*, *Umbelliferae* en *Nymphaea alba*, terwijl ook enige varensporangia, *Cladocera* en schimmel-vruchtlichamen zijn gevonden. In de monsters boven 508 cm verdwijnen deze resten en bestaat het veen voornamelijk uit *Carex*-wortels en *Phragmites australis* epidermis met *Typha* spec. vruchten, terwijl ook wat houtskool gevonden is. De combinatie van *Carex pseudocyperus*, *Cicuta virosa* en *Alisma plantago-aquatica* is karakteristiek voor jonge drijfvl vegetaties (Cicuto-Caricetum pseudocyperi, 19Ac2) (Westhoff et al, 1971, blz 66). Bij doorgaande drijfvlontwikkeling verschijnen *Carex* soorten, *Phragmites australis*, ruderales kruiden (*Lythrum salicaria*, *Mentha aquatica*, *Lycopus europaeus*) en *Thelypteris palustris* gevolgd door mossen als *Calliergon cordifolia* en *Drepanocladus aduncus* (Westhoff et al, 1971, blz 68). *Potentilla palustris* kan soms ook in wat oudere drijfvlvegetaties voorkomen en wijst dan op successie in de richting van Parvocaricetea vegetaties (Westhoff en Den Held, 1975, blz 134) en is tevens indicatief voor voedselarm, meestal zuur grondwater (Weeda et al, 1987, blz 80). Verder houdt deze schaduwminnende soort stand in ijle *Phragmites-Carex* vegetaties (Weeda et al, 1987, blz 80). De macrorestenassemblage boven de 508 cm is minder gevarieerd en vertegenwoordigt soorten die algemeen zijn in de meeste Phragmitetea vegetaties (19), met name het Phragmition (19Ba) (*Typha* spec., *Phragmites australis*).

Vegetatietypen: Cicuto-Caricetum pseudocyperi, Phragmitetea

Processen: Verdrinking

Zone SRW1-S5 (473-456 cm) (3775-3665 BP) *Betula-Myrica* vegetaties

Het veen uit deze zone bestaat grotendeels uit *Carex*-wortels, *Phragmites australis* epidermis en houtresten (deels van *Myrica gale*). Verder zijn veel vruchten van *Myrica gale* en *Betula* spec. gevonden. De combinatie van *Betula* spec. en *Myrica gale* is bekend uit Betuletum pubescentis vegetaties (36 Ab1), die indicatief zijn voor verrijkte randen van echte hoogvenen. *Myrica gale* is verder ook een kentaxon van het Myricetum gale (32Aa1) vegetatie, die in laagveengebieden tot ontwikkeling komt op plaatsen met beginnende hoogveenvorming. Beide vegetatietypen zijn te relateren met hoogveenontwikkeling en dus met afnemende voedselrijkdom, grotere afhankelijkheid van regenwater voor de nutriënten voorziening en een afnemende pH (Westhoff en Den Held, 1975). Aanwijzingen voor erg natte of erg droge condities zijn niet gevonden en de verticale grondwaterbewegingen zullen dus wel minimaal zijn geweest. Het *Betula/Myrica* struweel zal verder een onderbegroeiing van *Carex*-soorten hebben gehad, met name op de natste plekken, samen met *Phragmites australis*. *Phragmites* kan zich, als relict uit een voorafgaande vegetatie, langdurig handhaven tijdens successie naar voedselarm hoogveen, doordat de plant met zijn lange stolonen nutriënten uit diepere lagen kan onttrekken. Uit het gegeven dat er successie is opgetreden is het verder aannemelijk dat de stijging van de grondwaterstand niet sneller is verlopen dan de accumulatie van *Betula/Myrica* veen.

Vegetatietypen: Betuletum pubescentis

Processen: Successie, verarming, verzuring

Zone SRW1-S6 (456- 455 cm) (3665-3660 BP) *Phragmites* vegetaties

In deze zone verdwijnen de resten van *Myrica gale* en *Betula* spec. abrupt en bestaat het veen voornamelijk uit *Carex*-wortels en *Phragmites australis* epidermis. Verder zijn veel *Foraminiferae* gevonden samen met vruchten van *Urtica urens* en *Phragmites australis*. Ook zijn veel verbrande plantenresten en houtskool aangetroffen. Vegetaties waarin *Phragmites australis* dominant aanwezig is, worden gerekend tot Phragmitetea (19) vegetaties, met name het Scirpo-Phragmitetum (19Ba3) en dus op toegenomen waterdiepten en voedselrijkdom. De *Urtica urens* vruchten wijzen echter niet alleen op verstoring in de nutriënten huishouding maar ook op drogere periodes (Westhoff en Den Held, 1975; Weeda et al., 1985). De *Foraminiferae* vormen een aanwijzing voor invloed van marien water op de vegetatie. Deze vergrootte mariene invloed, die dus gepaard is gegaan aan inundaties, lijkt de meest voor de hand liggende oorzaak voor de overgang van voedselarme initiële hoogveenvegetatie naar eutrofe *Phragmites australis* vegetaties. Uit de profielen IV,V,VI blijkt dat zone SRW1-S6 lateraal naar de voormalige riviergeul overgaat in mariene kleien uit de Cardium fase (NC-S6[Cardium]). Verdere aanwijzingen voor sterk toegenomen waterdiepten zijn niet gevonden, wat de verrijking als primaire oorzaak van de vegetatieontwikkeling in deze zone waarschijnlijker maakt.

Vegetatietypen: Phragmitetea

Processen: Verrijking

Zone SRW1-S7 (455-340 cm)

Deze zone is met name door voor hoogveenvegetaties kenmerkende zone opgebouwd. Aanvankelijk zijn nog veel *Carex*- en *Phragmites*-resten gevonden samen met *Myrica gale* (SRW1-S7a), spoedig gevolgd door een traject waarin met name *Ericaceae*- en *Sphagnum*-resten gevonden zijn (SRW1-S7b, SRW1-S7c). In de hieropvolgende fase is geen *Sphagnum* meer gevonden en bestaat het veen alleen uit *Ericaceae*-resten (SRW1-S7d). Hierna wordt de hoogveenvorming een korte tijd onderbroken en zijn met name *Myrica gale* en bladmosresten aangetroffen (SRW1-S7e), gevolg door een herstel van de hoogveenvorming met een *Sphagnum* vegetatie (SRW1-S7f). Tot slot zijn opnieuw *Ericaceae* in de nog steeds *Sphagnum*-rijke monsters gevonden (SRW1-S7g).

Subzone SRW1-S7a (455-432 cm) (3660-3245 BP)

Het veen uit deze subzone bestaat voor het grootste deel uit *Carex* en *Phragmites* wortelresten. Verder zijn nogal veel houtskool en verbrande plantenresten aangetroffen (tot 10%). Ook vruchten van *Hydrocotyle vulgaris* waren voortdurend aanwezig, terwijl ook nootjes en vruchten van *Myrica gale* (19 stuks tussen 445 en 446 cm, *Myricetum gale*), *Cladium mariscus*, *Eupatorium cannabinum* en *Alisma plantago-aquatica* gevonden zijn. Hoewel de veenvormende vegetatie dus nog steeds uit *Phragmitetea* gemeenschappen bestond, blijkt, uit het voorkomen van met name *Hydrocotyle vulgaris* (Weeda et al., 1987) maar ook van *Myrica gale* (Westhoff en Den Held, 1975; Weeda et al., 1985), dat de sterke verrijking ten gevolge van de inundaties tijdens de vorming van zone SRW1-S6 geëindigd was en enige vermindering in het nutriënten aanbod plaatsvond in deze fase. De hoge percentages houtskool en verbrande plantenresten doen vermoeden dat voortdurend branden in de vegetatie woedde.

Vegetatietypen: *Phragmitetea*, *Myricetum gale*

Processen: Verarming

Subzone SRW1-S7b (432-412) *Ericaceae-Sphagnum* veen

In deze fase konden echte hoogveentaxa zich vestigen in de vegetatie. Het veen bestaat dan ook voor een groot deel uit *Sphagnum* (5-15%), *Ericaceae* wortelresten (20-55%) en *Eriophorum vaginatum*-resten (0-25%). Verder zijn zaden van *Erica tetralix* en *Calluna vulgaris* gevonden, terwijl in het onderste deel van deze subzone nog vrij veel houtskool en verbrande plantenresten aangetroffen zijn. Het contact met voedselrijke milieu's in de omgeving is in deze fase dus verbroken, waardoor een ombrotrofe vegetatie onstond.

Processen: Successie, verarming

Subzone SRW1-S7c (412-402) *Ericaceae-Sphagnum* veen

Het veen uit deze subzone is opgebouwd uit *Sphagnum*-(25%) en *Ericaceae*-resten (40%). Behalve enkele *Ericaceae* zaden zijn nu ook zaden van *Juncus spec.*, *Menyanthes trifoliata*, *Lychnis flos-cuculi* en *Eleocharis palustris* gevonden. Het voorkomen van deze taxa, die niet als oligotrafente taxa te kwalificeren zijn, wijst op enig contact met voedselrijker water.

Processen: Lichte verrijking

Subzone SRW1-S7d (402-397 cm) *Erica-Calluna* vegetatie

In deze subzone worden de macroresten geheel gedomineerd door resten van *Erica tetralix* en *Calluna vulgaris* (wortelresten (80%) en zaden (ca. 80)). Het contact met voedselrijke milieu's is beëindigd. Gezien het feit dat een *Ericaceae* vegetatie onstond, zullen overwegend lage grondwaterstanden hebben overheerst tijdens de veenvorming, hoewel verder aanwijzingen, zoals bodemschimmels, hiervoor ontbreken.

Processen: Verarming, (verdroging ?)

Subzone SRW1-S7e (397-392 cm) *Myrica gale* vegetatie

In deze fase bestaat het veen uit diverse mossen (40%), bladresten (7%) en grove houtige wortelresten (35%). Omdat verder veel *Myrica gale* vruchten aangetroffen zijn lijkt het mogelijk dat de wortelresten van dit taxon afkomstig zijn. *Myrica gale* is kenmerkend voor diverse vegetaties die meestal vooraf gaan aan hoogveenvorming (o.a. *Myricetum gale*, *Betuletum pubescentis*). Met name de moslaag (met name *Sphagnum*) is goed ontwikkeld in *Betuletum pubescentis* vegetaties, die kenmerkend zijn voor de verrijkte randen van echte hoogvenen (Westhoff en Den Held, 1975). Hoe dan ook, binnendringen van *Myrica gale* in hoogveen vegetaties is geen "normale" gebeurtenis tijdens successie. Een zekere verrijking van de voorafgaande *Ericaceae* vegetatie zal daartoe wel aanleiding kunnen hebben gegeven, waardoor de successie een stap is teruggezet.

Vegetatietypen: *Myricetum gale*

Processen: Verrijking

Subzone SRW1-S7f (392-376 cm) *Betula-Sphagnum* vegetatie

De vegetatie in deze fase werd geheel gedomineerd door *Sphagnum* (85-90%). Blijkens de verminderde hoeveelheid *Myrica gale* vruchten die aangetroffen zijn, verdwijnt dit taxon voor een groot deel uit de vegetatie. Hoewel niet in grote aantallen zijn vervolgens nog zaden, nootjes en vruchten van *Betula spec.*, *Eleocharis palustris*, *Carex rostrata*, *Lychnis flos-cuculi* en *Menyanthes trifoliata* gevonden. De *Betula* vruchten kunnen zijn ingewaaid uit de omgeving, hoewel de combinatie van *Betula* en *Sphagnum* in vegetaties niet onmogelijk is (o.a. in *Betuletum pubescentis*). Het voorkomen van de overige taxa in de *Sphagnum* vegetatie geeft aan dat de het milieu niet strikt oligotroof was. Mogelijk geeft het verdwijnen van

Myrica en de uitbreiding van *Sphagnum* wel aan dat een zekere verarming op is getreden omdat aanwijzingen voor een toenemende vernatting niet zijn gevonden.

Processen: Verarming

Subzone SRW1-S7g (376-340 cm)

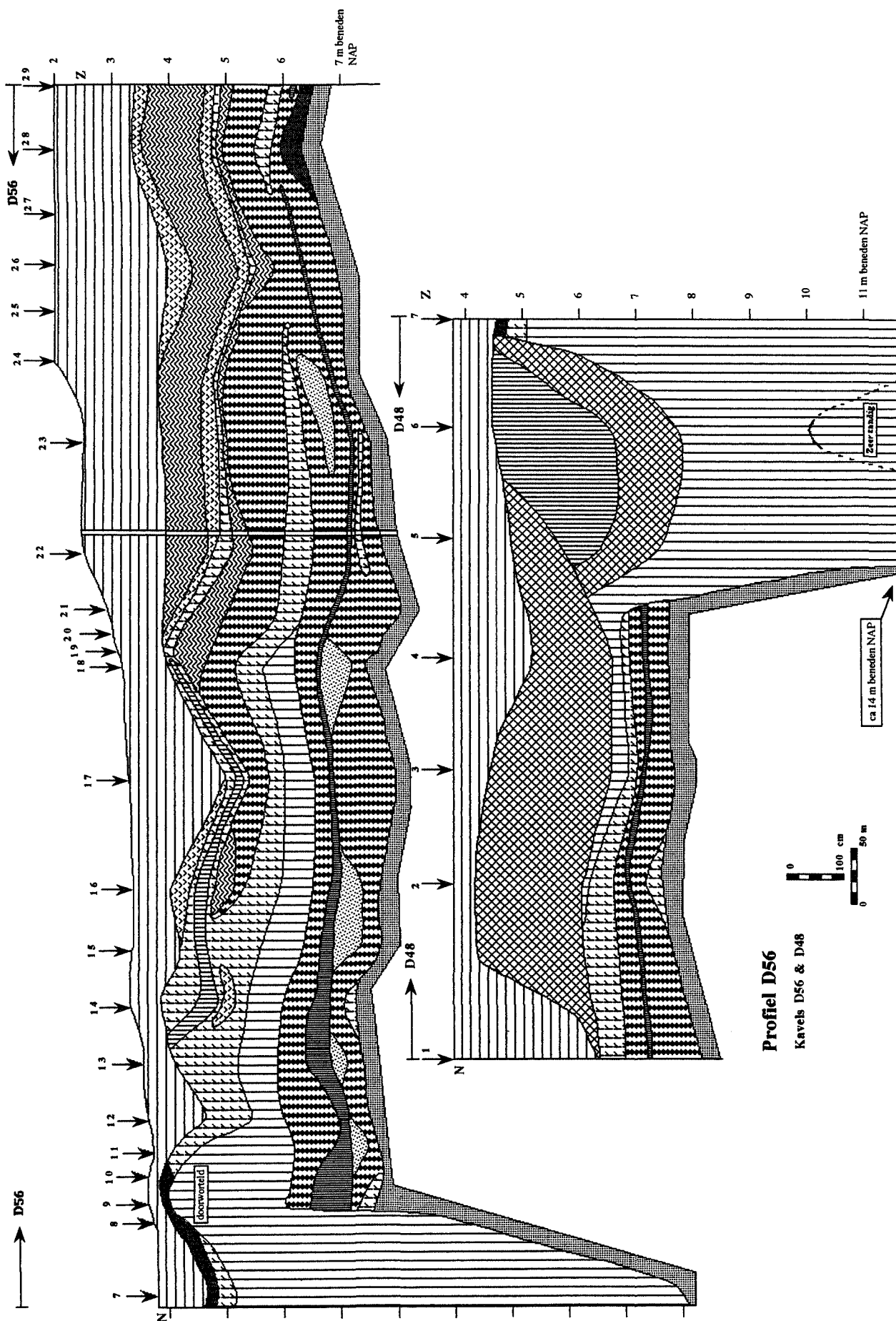
Het veen uit deze subzone bestaat nog steeds voor het grootste deel uit *Sphagnum* (40-90%), maar nu weer samen met een zeker aandeel *Ericaceae*-resten (0-45%). Verder zijn met name zaden van *Erica tetralix* en *Eleocharis palustris* gevonden, hoewel ook enkele zaden en vruchten van *Calluna vulgaris*, *Lychnis flos-cuculi* en *Myrica gale* aangetroffen zijn. Een oligotrofe vegetatie kon wederom niet tot ontwikkeling komen. De begroeiing van de *Sphagnum* vegetatie met *Eleocharis* wijst op enige schommelingen in de grondwaterstand (Westhoff en Den Held, 1975). Dit wordt bevestigd door een geringe toename van het aantal *Cladocera* tijdens de periode met veel *Eleocharis*. *Cladocera* zijn goed tegen wisselende waterstanden bestand.

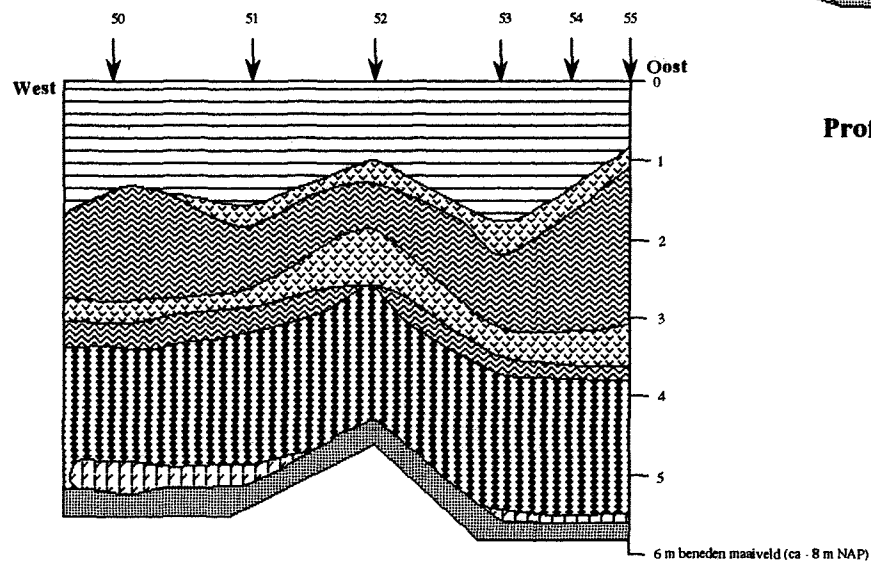
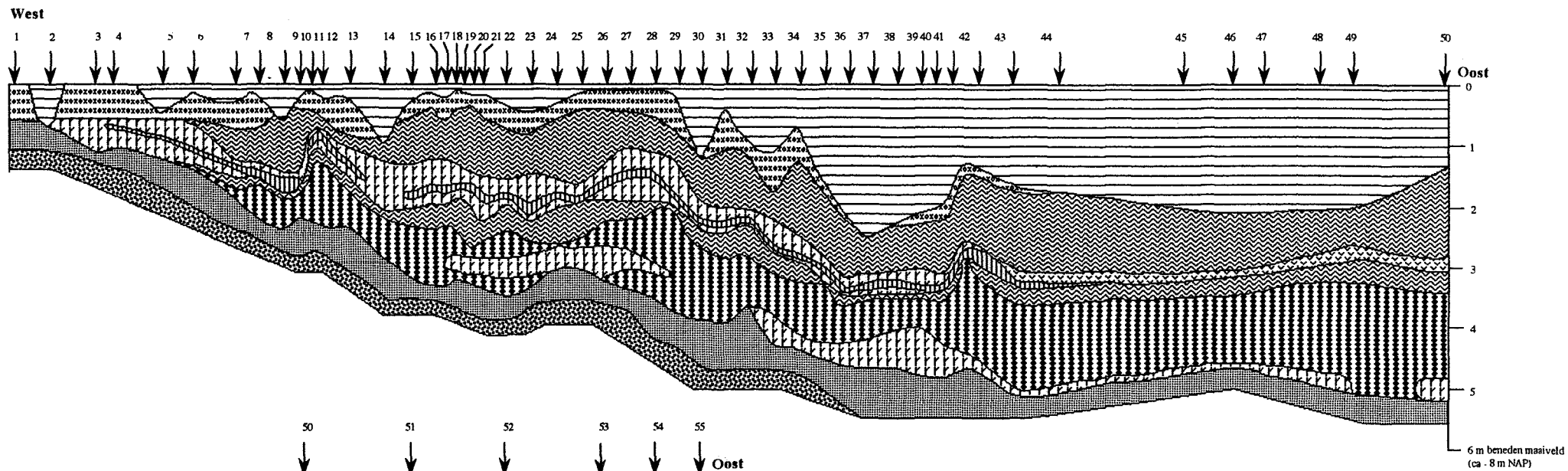
Processen: wisselende waterstanden.

Locatie	Nummer	GrN nummer	top (cm onder NAP)	basis (cm onder NAP)	Ouderdom (BP)	±	Materiaal	cm boven zand	vol% zand >240 µ	Bodemschimmels	Opmerkingen
Kavel P13	1A	15126	243	245	2980	470	Rietzeggeveen	2	30-5 %	zeer laag	mariene inundaties (Foraminiferae)
Kavel P13	1B	16381	239	242	3350	140	Geïndeerd Rietzeggeveen	4	<1%	afwezig	zeer veel Juncus en Typha
Kavel P13	3A	15127	324	326	3490	400	Zeggeveen	3	20-40 %	afwezig	veel veenvormende taxa
Kavel P13	3B	16382	322	324	3740	160	Zeggeveen	6	10-20 %	afwezig	veel veenvormende taxa
Kavel J 118	II	16367	397	400	4320	60	Zeggeveen met Betula	6	± 0%	afwezig	
Kavel P13	5A	15128	398	400	4330	70	Detritus	14	0%	afwezig	veel ruderae en open water taxa
Kavel J 118	IX	16373	410	413	4350	45	Droog Zeggeveen met Betula	0	± 0%	weinig	geleidelijke verdrinking van podzol
Kavel P13	5B	15129	412	414	4420	100	Zeer zandrijk veen	0	>50%	zeer veel	zeer veel Juncus vruchten
Kavel P13	6	15130	466	468	4720	90	Juncusveen	0	20-30 %	zeer weinig	veel ingewaaid zand
Kavel J 118	I	16366	439	442	4790	70	Droog Zeggeveen met Betula	1	±0%	zeer weinig	
Kavel J 118	V	16370	478	481	4880	60	Zeggeveen met Betula	5	±0%	zeer weinig	
Kavel J 118	IV	16369	491	493	4920	60	Zeggeveen	3	±0%	afwezig	
Kavel J 118	III	16368	516	519	4990	60	Zeggeveen	2	±0%	afwezig	
Kavel J 118	VII	16372	535	538	5000	60	Zeer nat Zeggeveen	0	0%	afwezig	
Kavel J 118	VI	16371	570	573	5160	40	Zeggeveen met Betula	4	0%	weinig	
Kavel P13	7	15131	539	541	5310	50	Nat Zeggebroekveen	3	<5%	zeer veel	diverse open water taxa
Kavel P13	8	15132	598	600	5400	50	Zeggebroekveen	5	2-10%	zeer weinig	scherpe zand/veengrens
ZP kern	304/305	16251	674	676	5820	60	Nat Zeggebroekveen	0			
Kavel P13	9	15133	653	655	5950	80	Zeggebroekveen	1			
D56 kern	3661/m369	16258	715	720	5970	60	Broekveen	0			
Swifterbant		5067	615	616	5610	60	Broekveen				
Engwierumerpolder V		7641	701	705	5800	40					
Stiens VI		7644	426	431	4760	30					

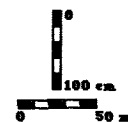
Locatie	Nummer	GRN nummer	diepte monster tov NAP (cm)	Ouderdom (BP)	Materiaal
OEW kern	101	16383	291	1675±45	top hoogveen
	127	17132	317	2005±35	basis hoogveen
	242	17133	432	3455±40	top rietveen
	291	17154	481	3805±45	basis Betulaveen
	421	17135	611	5030±40	top Carexveen
SRWI kern	90 t/m 92	16380	428-430	3195±50	basis hoogveen
	116 t/m 118	16379	455-457	3660±60	basis Phragmitesveen
	133 t/m 135	16378	472-474	3630±60	basis Betulaveen
	150 t/m 152	16377	507-509	3990±70	top Alnusveen
	216 t/m 219	16376	581-584	4700±70	basis Alnusveen
	246/247	16375	618-619	4760±60	Carex/Menyanthesveen
	305 t/m 307	16374	693-695	5380±50	Alnus/Carexveen
ZP kern	123/124	16243	482-483	3350±50	basis hoogveen
	154/155	16244	513-514	3860±30	basis Betulaveen
	177/178	16245	536-537	4130±35	Carexveen
	210/211	16246	569-570	4435±40	top Alnusveen
	230/231	16247	589-590	4695±40	basis Alnusveen
	243/244	16248	614-615	4980±40	Carexveen (goed geconserveerd)
	249/250	16249	621-622	5080±40	Carexveen (goed geconserveerd)
	291/292	16250	662-663	5560±60	Carexveen (goed geconserveerd)
	304/305	16251	674-676	5820±60	Nat Zeggebroekveen
D56 kern	88 t/m 90	16252	431-433	3400±60	basis hoogveen
	101 t/m 103	16253	443-445	3560±70	Phragmitesveen
	163 t/m 165	16254	506-508	4000±60	Betulaveen
	197 t/m 199	16255	540-542	4380±60	Cladiumveen
	267 t/m 269	16256	610-612	4930±60	Cladiumveen
	272 t/m 274	16257	615-617	4830±70	Cladiumveen
	366 t/m 369	16258	715-720	5970±60	Broekveen

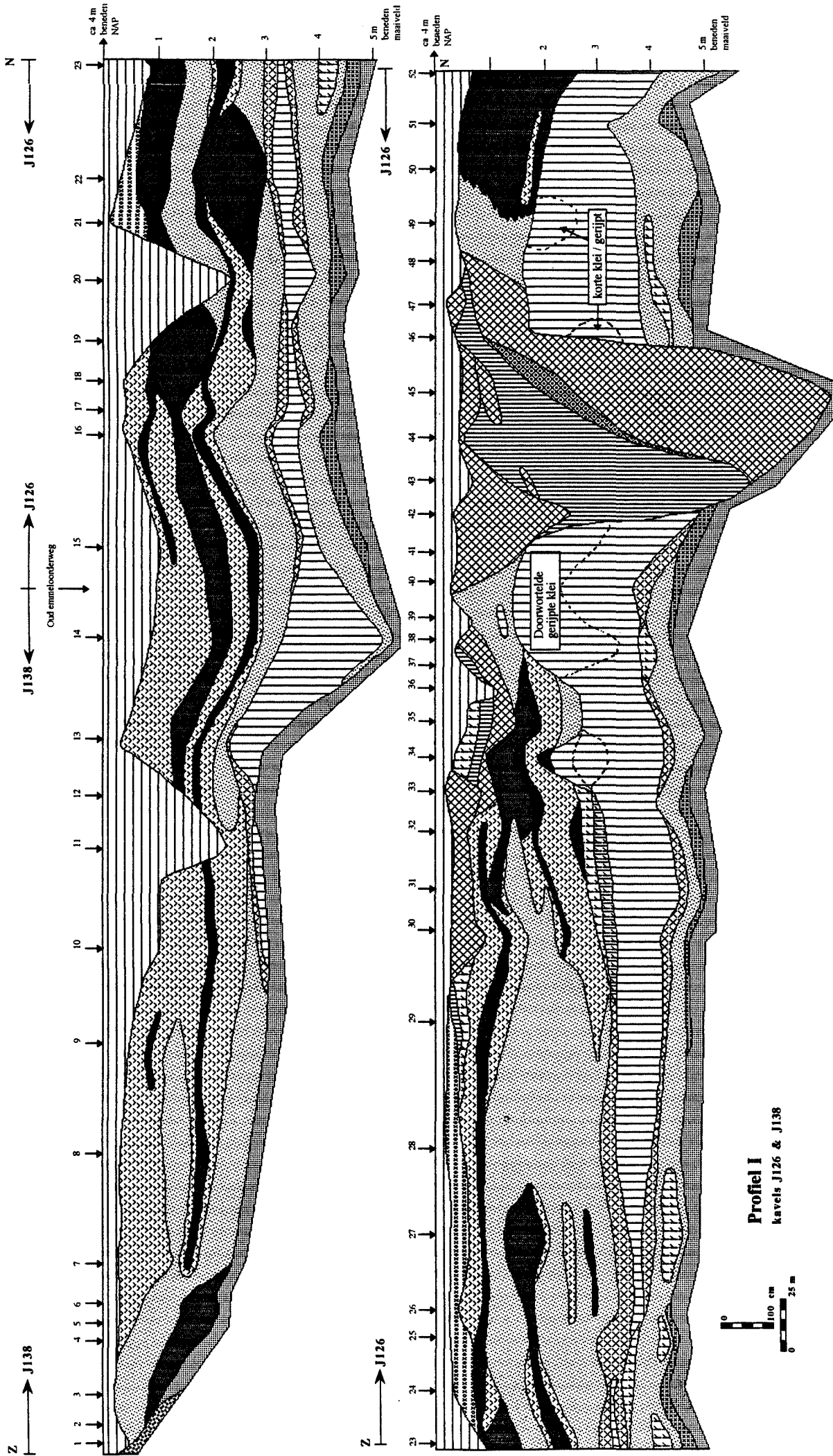
Appendix C profielen

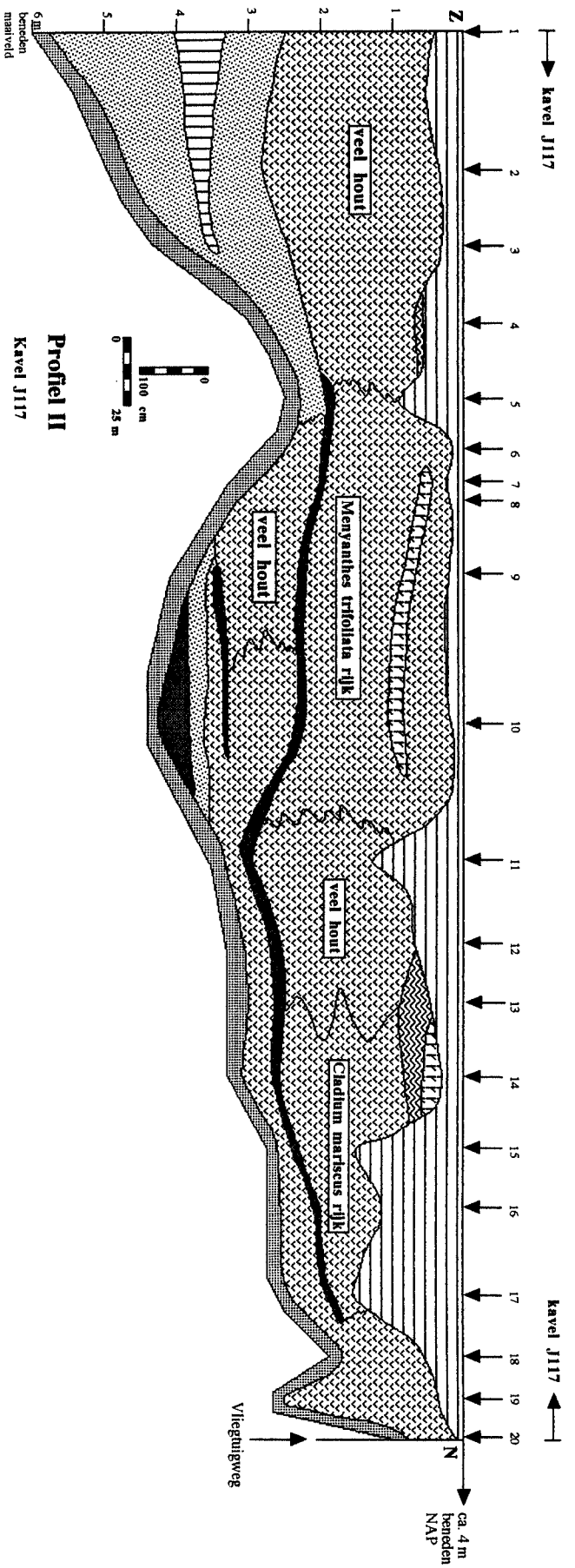


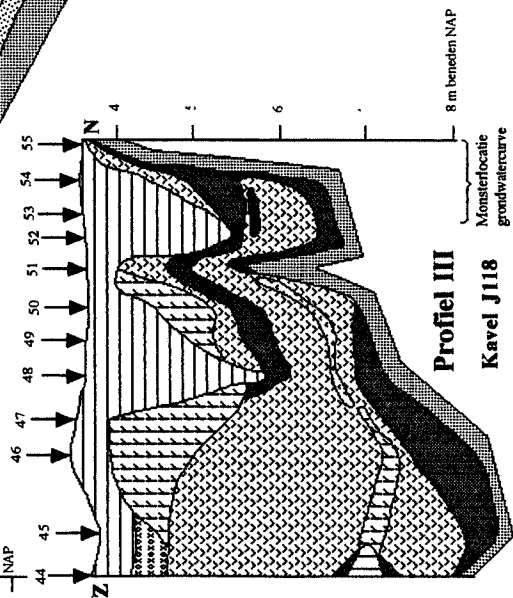
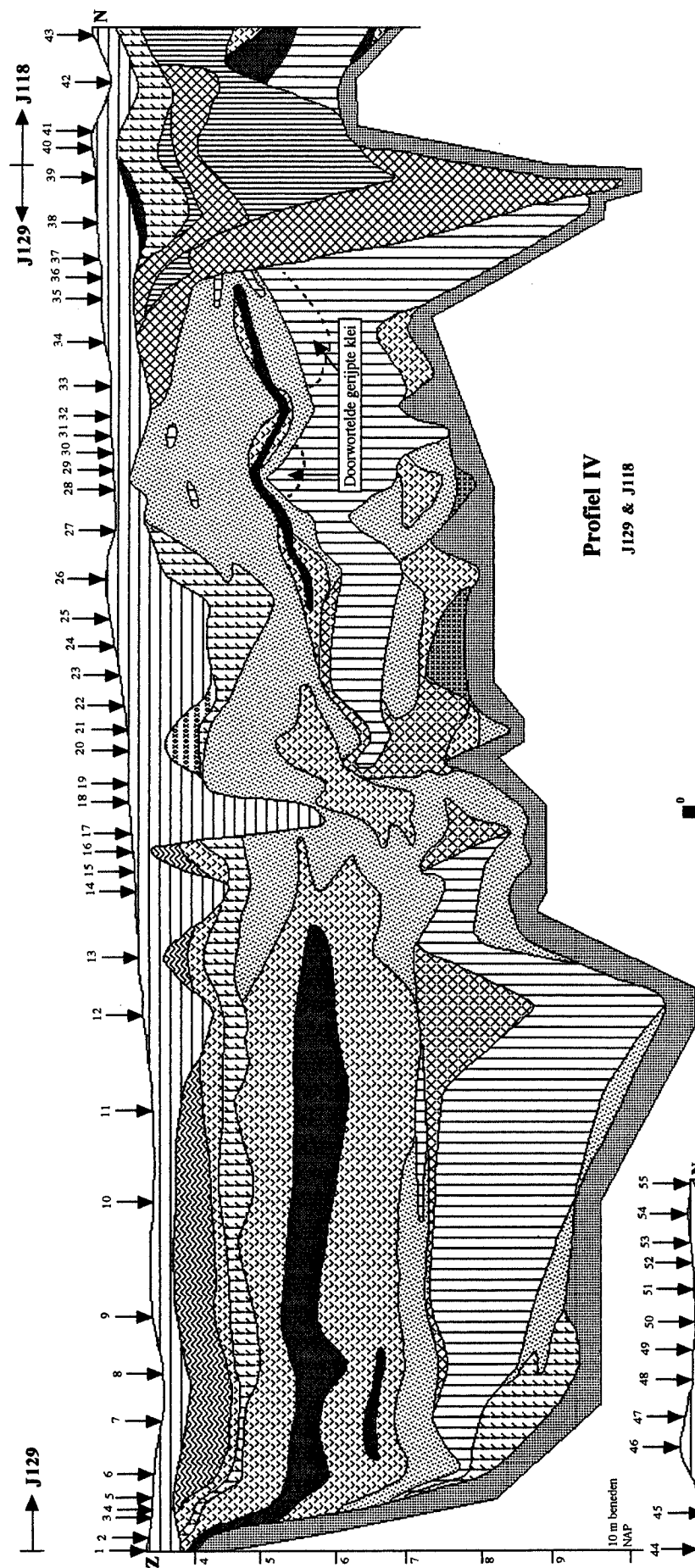


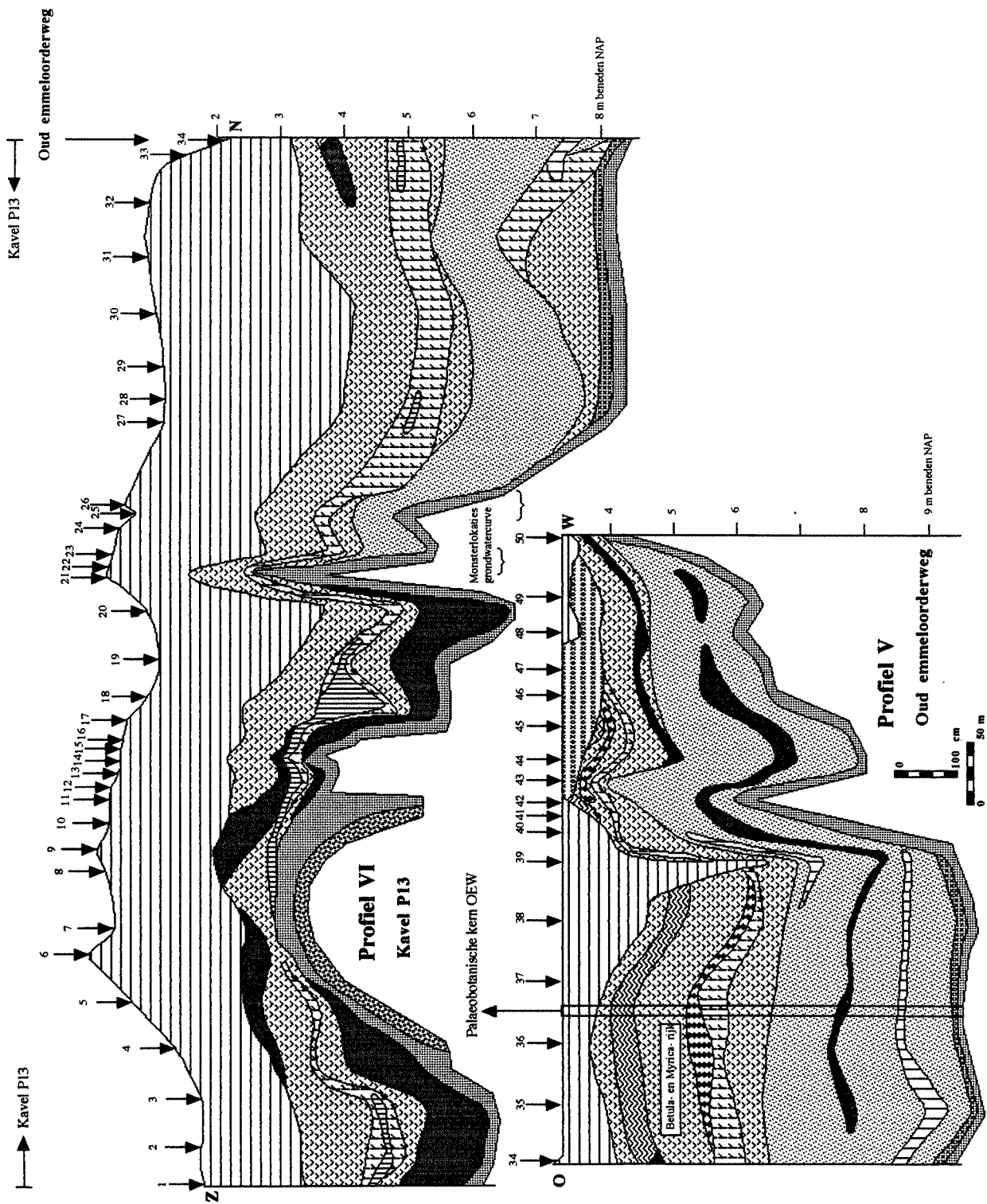
Profiel Urkerbos

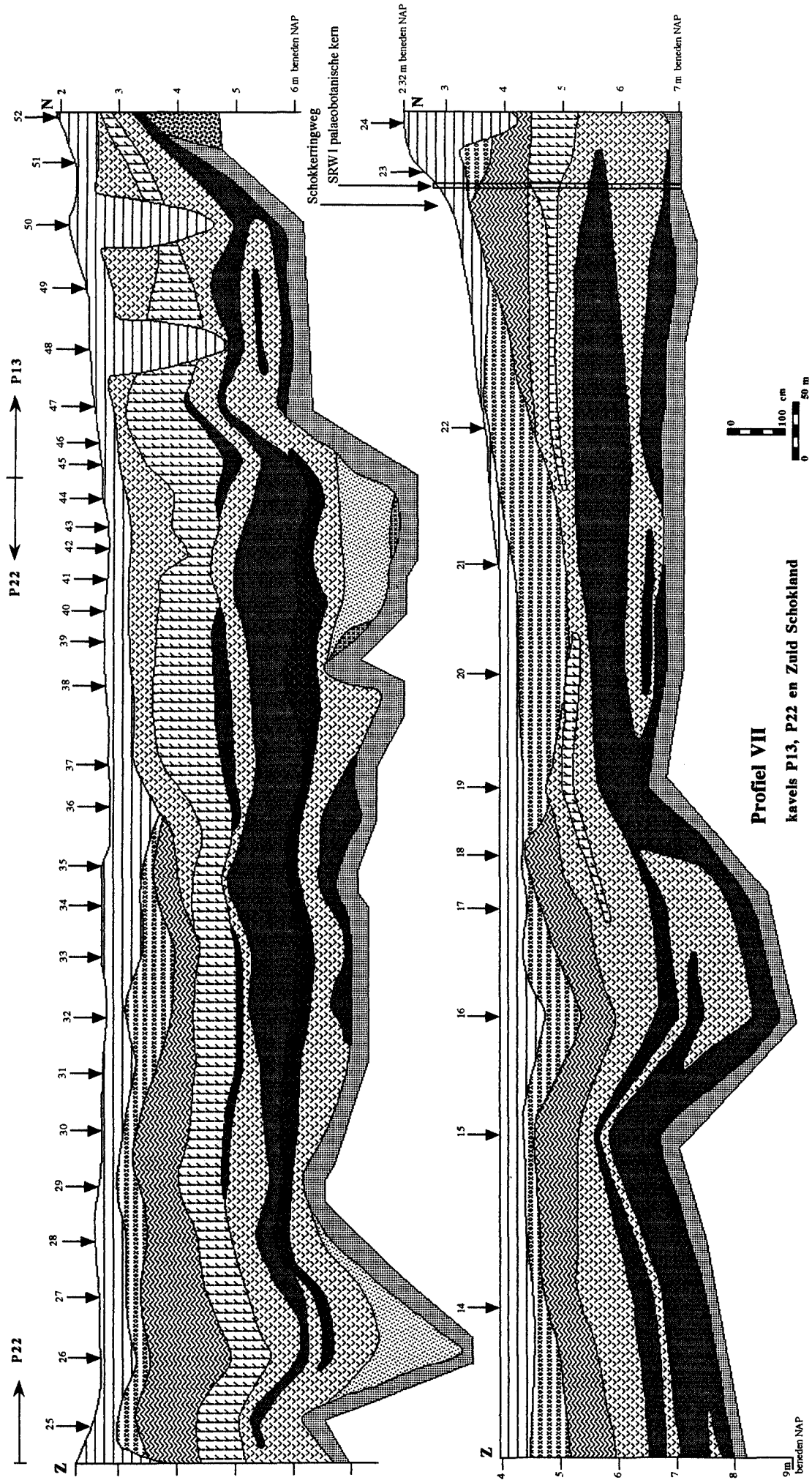


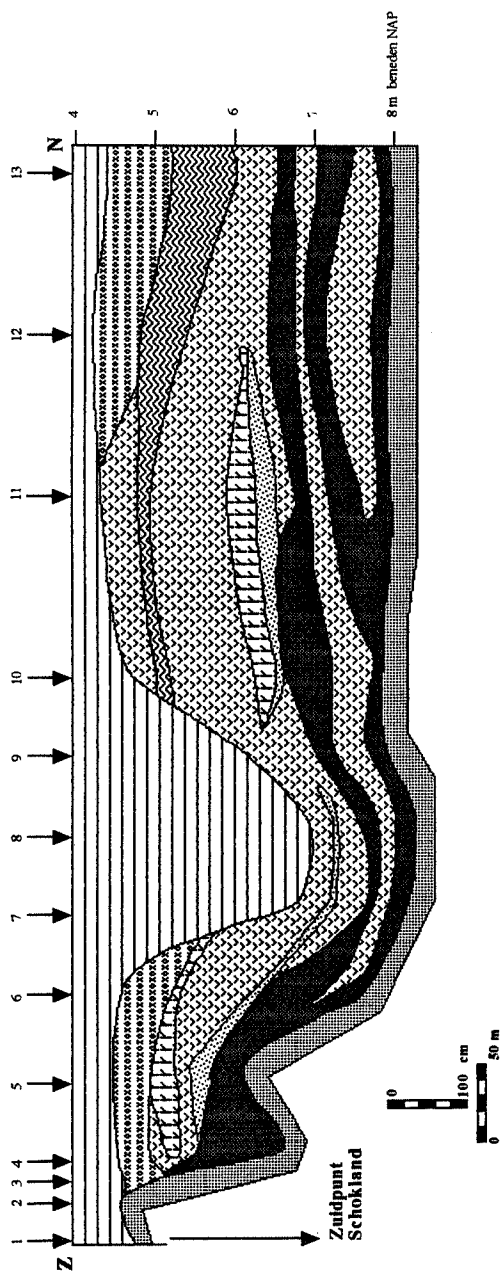












Vervolg Profiel VII

Zuid Schokland

B-010791-H

